

北京夏季典型天气 TSP 组成和来源对比

李金香^{1,2}, 董树屏³, 虞 统¹, 刘文清², 李海军¹, 冯 鹏¹

1. 北京市环境保护监测中心, 北京 100044
2. 中国科学院 安徽光学精密机械研究所, 安徽 合肥 230031
3. 国家环境分析测试中心, 北京 100029

摘要: 于 2005 年 7 月选择分别受北方冷空气、海上高压和地方性山谷风影响的 3 个天气过程条件下, 在北京市区和郊区采集了 23 个大气总悬浮颗粒物(TSP)样品, 并采用扫描电镜-X 射线能谱技术, 根据单颗粒尺度、形貌、特征化学组成解析出各类源对颗粒数浓度的贡献。结果发现: 有机/碳质颗粒(占总颗粒数的 31.3%, 下同)和矿物颗粒(占 29.5%)为优势种类, 二次源颗粒占 10.6%, 燃煤飞灰占 7.2%, 燃煤、机动车排放和建筑施工产生的 3 类颗粒占 4.1%~6.5%。3 种天气下颗粒组成特征鲜明, 来源差别明显: ①冷空气影响下空气质量最好, TSP 样品中粒径小于 1.0 μm 和大于 5.0 μm 颗粒较多, 一次源处于绝对主导地位(占 90%); ②海上高压控制天气下, 粒径为 1.0~2.5 μm 的颗粒大幅度增加, 有大量的次生粒子生成(占 10%~20%); ③地方性天气中颗粒质量浓度偏高, 粒径小于 1.0 μm 和 1.0~2.5 μm 颗粒所占比例均较高, 但有机/碳质颗粒比例减少, 其他次要种类颗粒增多。市区人为源颗粒的种类最多, 对郊区影响明显。

关键词: TSP; 天气过程; 源解析; 单颗粒分析

中图分类号: X513 文献标识码: A 文章编号: 1001-6929(2007)06-0087-07

The Composition and Sources of TSP of Beijing in Synoptic Processes in Summer Season

LI Jin-xiang^{1,2}, DONG Shu-ping³, YU Tong¹, LIU Wen-qing², LI Hai-jun¹, FENG Peng¹

1. Beijing Municipal Environmental Monitoring Center, Beijing 100044, China
2. Anhui Institute for Optics and Fine Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China
3. National Center for Environmental Analysis and Measurements, Beijing 100029, China

Abstract: In July 2005, 23 total suspended particulate (TSP) samples were collected at 3 sites in Beijing during 3 synoptic processes, namely cold air mass, oceanic high and mountain-valley breezes. The SEM-EDX method was applied to identify sources according to single particle morphology and indicative chemical element(s), so as to estimate the contribution of each source to particulate number concentration. Results show that the dominated categories are carbonaceous particles (31.3%), crustal particles (29.5%), secondary formed S-Ca (10.7%), fine fly ash (7.2%) from coal burning, and others are from coal burning, vehicle emission and construction (4.1%~6.5%). It was found that the composition characteristics under the three synoptic processes were obvious and their sources were obviously different too. In the case of cold air mass, air quality was the cleanest, the particles less than 1.0 μm and greater than 5.0 μm were numeric, and over 90% particles were from primary sources; in the case of humid oceanic high, the particles from 1.0 to 2.5 μm increased greatly, and the secondary particles increased dramatically to 10%~20%; and in the case of mountain-valley breezes, the particles less than 1.0 μm and from 1.0 to 2.5 μm were both numeric, the organic and carbonic particles decreased, and other secondary particles increased. The types of particles from anthropogenic sources are most in number in urban areas, and have significant impacts on suburb areas.

Key words: TSP; synoptic process; source apportionment; single particle analysis

由于大气颗粒来源广泛: ①下垫面自然排放;

②人类的生产和生活活动; ③大气物理化学过程。加之边界层大气处于不断的运动变化中, 使得颗粒的数量、质量浓度随着时间、空间的迁移不断变化。单颗粒的粒径、表面积和化学组成等影响人体健康、产生气候效应^[1]的微观特征也在不断变化中。

收稿日期: 2007-03-01 修订日期: 2007-07-16

基金项目: 北京市科学技术委员会项目(H030630540320)

作者简介: 李金香(1969-), 女, 内蒙古杭后人, 高级工程师, 博士研究生, ljx@bjmeme.com.cn.

郝吉明等^[2]应用空气质量模式, 陈添等^[3]应用

化学质量平衡(CMB)模式先后解析了北京大气 PM_{10} 的来源,得到了相似的年均质量浓度贡献,各类源按贡献从大到小依次为:扬尘/土壤尘 > 燃煤 > 二次源 > 机动车尾气/燃油排放. CMB 方法还解析出了建筑水泥尘,未知源 22.8% (可能包含了有机物源贡献). 而针对夏季的源解析结果就不太一致:陈添等^[3]指出,二次粒子贡献最大,达 29.2%,远超过土壤尘(9.7%);朱先磊等^[4]使用 CMB 对 $PM_{2.5}$ 来源的解析结果是土壤尘(26%)远大于二次源(5%). 夏季各种源类孰主孰次问题,需要联系天气过程来评价. 而针对天气过程的来源解析,可以支持日常污染源管理,合理地控制排放源,设定科学的减排效果预期值.

夏季气象条件复杂多样、大气化学过程最为活跃. 马一琳等^[5]观测证明,夏季北京大气光化学活性很强. 宋宇等^[6-7]发现,夏季硫酸盐二次粒子生成非常活跃,细粒子的散射消光作用直接导致了大气能见度的降低. 而夏季各种天气过程下的风力、温度、压力、湿度/降水及大气层结状况等为大气化学过程提供了丰富背景场. 笔者在典型天气下采样,应用扫描电镜-能谱分析技术(SEM-XED),在单颗粒层面上对大气颗粒的种类和特点进行比较和分析,从而获得颗粒的污染特征和颗粒来源信息. SEM-XED 是研究单个大气颗粒的重要手段之一,董树屏等^[8-9]的研究已经表明其在识别颗粒来源上特有的优势. 陈雁菊等^[10]用场发射电镜(FESEM)和 EDX 研究了沙尘天气矿物颗粒的理化特征,发现单颗粒的 Ca 含量以及 Ca/Al 可用来区分外地和本地来源.

1 样品采集与分析测定

1.1 样品采集

采样点分别设在昌平区友谊林(位于北京北部地区,代表城市背景)、天坛公园(代表市区)和大兴区榆垓(南部地区,代表远郊农村). 根据 24 h 空气污染预报,在典型天气过程中同时采集大气颗粒物样品. 采样仪器为武汉天虹公司生产的颗粒采样器,工作流量为 16.7 L/min. 滤膜采用 0.4 μm 孔径的核孔膜. 采样时间为 2005 年 7 月 9 日,18 日和 21 日,每日 08:00—09:00,12:00—13:00 和 16:00—17:00 (18 日上午未采样),3 日共获得有效样品 23 个.

由图 1(气象数据来源于北京市观象台及奥运气象网站(<http://www.weather2008.cn>))可知,2005 年 7 月 1—23 日北京市区空气质量状况和观象台地面气象要素逐日变化以 11—13 日为界,分为前、后期. 前期空气质量总体较好,气温高、风速大、气压

低、湿度变幅大而极值低;而后期相反. 显示了北方大陆高压对北京市的影响减弱,而西太平洋海上副高压影响加强的特点. 值得注意的是, SO_2 和 PM_{10} 浓度变化并不一致,且与湿度变化关系密切,其浓度前期高后期降低的特征是由其亲水性决定的.

采样日的天气特征为:9 日受冷空气影响,北京市中高层(1 500 m 以上)大气气温明显降低,高层为槽后偏北气流,地面处于低压后部. 采样时段内地面平均气压为 998 hPa,最高气温 35 $^{\circ}\text{C}$,相对湿度由低迅速升高,傍晚有阵雨;18 日东部海上存在高压系统,中高层为偏东或东南风. 采样时段湿度为 60%~90%,地面平均气压 1 011 hPa,最高气温 31 $^{\circ}\text{C}$,风速小;21 日中高层为暖脊控制,低层地方性风系发展,地面气象要素除温度与 9 日接近外,其余介于 9 日和 18 日之间.

1.2 分析测定

采用日立公司生产的 S-2700 型扫描电镜(最高放大倍数为 30×10^4 倍,分辨率为 100 nm)对大于 500 nm 的颗粒进行分辨. 能谱分析采用美国 EDAX 公司生产的 X 荧光能谱分析系统(EDX),可作微区扫描,对原子序数大于 12 的元素进行分析(故文中将 C、H 和 O 等元素构成的颗粒统称为有机/碳质颗粒).

样品前处理:①在电镜专用样品台上覆盖导电双面胶片,剪取 1 cm^2 左右的样品滤膜,固定在双面胶上;②对样品及载片进行离子喷涂处理,使其具有导电性. 每个样品分析的颗粒数为 150~160 个.

借鉴常用的污染源分类,根据形貌、特征组成将主要颗粒分为 9 类,各类颗粒的形貌特征、化学组成和来源见表 1.

2 结果

2.1 夏季大气颗粒的粒径、组成特征及来源

表 2 列出了各类颗粒数量随粒径(指几何直径)的分布. 由表 2 可知,硅铝酸盐、硫-钙、高钙和絮状集体颗粒的粒径分布最为宽泛,粒径在 1.0 μm 以下至 10.0 μm 以上均占一定比例,粒径为 1.0~5.0 μm 达到了 65%~72% (占总颗粒数比例,全文同),称为粗大颗粒;有机/碳质颗粒、飞灰和含硫颗粒粒径谱很窄,60%~70% 小于 1.0 μm ,称为细小颗粒.

对 23 个样品上的 3 521 个单颗粒分析发现,60% 是有机/碳质颗粒和不规则硅铝酸盐,其次是硫-钙、燃煤飞灰和含硫颗粒,比较少的是絮状集体、高钙、高铁以及其他颗粒,各类来源对颗粒数量

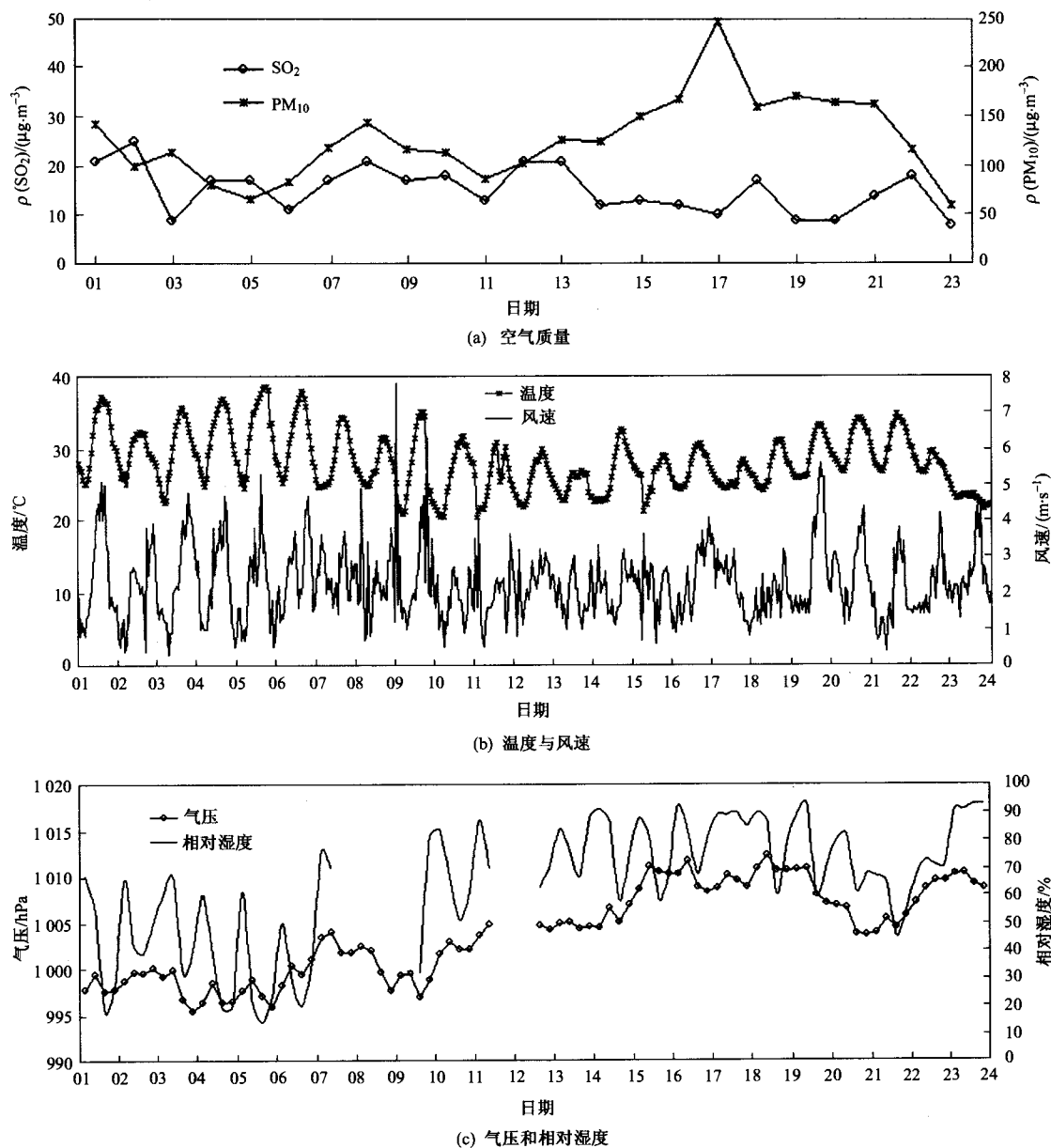


图 1 2005-07-01-23 北京市空气质量和地面气象要素变化

Fig.1 The air quality and meteorological condition of July 1 to 23, 2005

表 1 主要颗粒种类及其形貌、组成和来源特征

Table 1 Classification of particles and their characteristic shapes, elemental compounds and sources

颗粒种类	形貌特征	化学组成(特征元素)	主要来源	常用源类对照
硅铝酸盐	无定形	Si, Al - K, Ca 和 Fe 等	土壤、扬尘	土壤尘
飞灰	球形	Si, Al - K, Ca 和 Fe 等	燃煤排放	燃煤尘
高钙	无定形	Ca, Si - Ca	采矿、水泥厂、建筑和土壤	建筑/水泥尘
高硫	无定形	S	工业和采暖锅炉	燃煤尘
硫-钙	较规则	S - Ca	工业和大气化学反应	二次源
有机/碳质	近球形、无定形	无	工业、生物质燃烧和自然源	有机物
絮状集合体	链状、絮状	无	汽车尾气和燃油锅炉	机动车/燃油
高铁	球形、无定形	Fe	工业、土壤和交通	钢铁工业
其他		Pb, Cl 等少见颗粒		

表 2 夏季颗粒尺度谱分布和来源

Table 2 TSP sources by size ranges for summer season in Beijing

颗粒种类	粒径/ μm					总数/个	所占比例/%	CMB	
	0~1.0	1.0~2.5	2.5~5.0	5.0~10.0	>10.0			对 PM_{10} 贡献/% ^[3]	对 $\text{PM}_{2.5}$ 贡献/% ^[4]
硅铝酸盐	174	436	267	129	32	1 038	29.5	9.7	26
燃煤飞灰	162	79	12	0	1	254	7.2		
含硫	134	81	9	5	0	229	6.5	18.9	8
高钙	21	59	38	22	5	145	4.1	9.6	3
硫-钙	106	167	74	23	5	375	10.6	29.2	5
有机/碳质	808	232	40	13	9	1 102	31.3		17
絮状集合体	26	84	28	12	5	155	4.4	9.5	5
高铁	50	46	14	1	1	112	3.2		
其他	35	38	23	12	3	111	3.2	23.0	40
总数/个	1 516	1 222	505	217	61	3 521			
所占比例/%	43.1	34.7	14.3	6.2	1.7				

的贡献比例见表 2. 94% 的有机/碳质颗粒直径小于 $2.5 \mu\text{m}$, 在 TSP 中占 31.3%, 在 $\text{PM}_{2.5}$ 中占 38%. 2000 年“北京市大气污染控制对策研究”项目组解析有机物对 PM_{10} 质量浓度的贡献为 10.5%, 应重视该类颗粒的源排放. 硅铝酸盐占 29.5%, 硫-钙类二次粒子占 10.6%. 其他类颗粒能够标识特定的来源, 如燃煤飞灰与含硫颗粒之和占 13.7%, 主要来源于柴

油车排放的絮状集合体和建筑施工产生的高钙颗粒均约占 4%. 人类活动产生的颗粒数量大于自然来源的颗粒. 图 2 是部分颗粒在扫描电镜下的微观形貌. 图 2(a)~(f) 的标尺长度依次为 $5.00, 5.00, 3.75, 1.67, 8.57 \mu\text{m}$ 和 857 nm . 图 2(a) 和 (d) 所检出地区为昌平友谊林, 图 2(b), (c), (f) 为天坛公园, 图 2(e) 为榆堡.

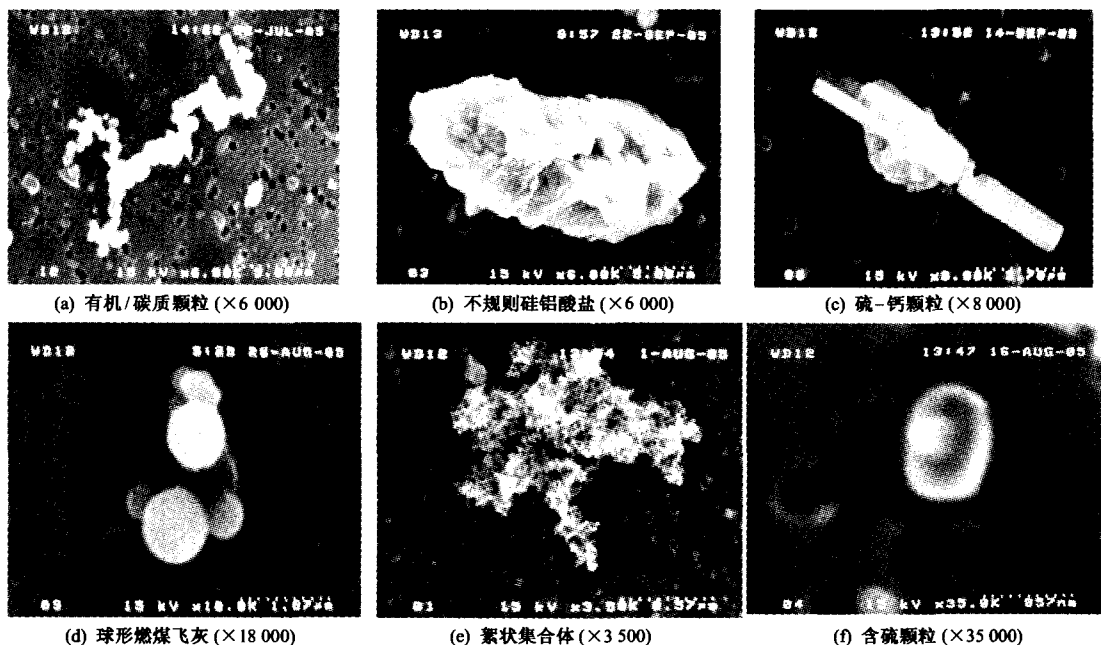


图 2 扫描电镜下单颗粒的形貌特征

Fig.2 SED images of particles

2.2 典型天气过程中颗粒粒径、组成和来源对比

3 个采样点不同天气过程下的颗粒粒径谱分布见图 3, 种类组成对比见图 4. 应当指出的是, 笔者的研究结果只能代表积模态 (粒径为 $0.1 \sim 2.5$

μm) 和粗模态 (粒径 $> 2.5 \mu\text{m}$) 颗粒, 未能反映超细粒子情况, 受滤膜孔径和电镜分辨能力所限, 对粒径在 $0.5 \mu\text{m}$ 以下颗粒分辨率不佳. 由图 3, 4 可知, 在 3 个典型天气过程中, 无论市区还是远郊, 大气颗粒

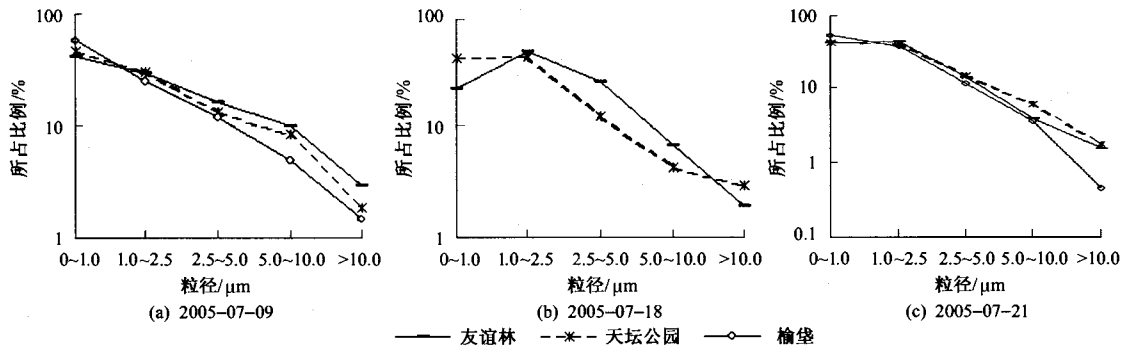


图 3 3 个采样点不同天气过程下的颗粒粒径分布

Fig.3 Comparison of particle size distribution for 3 synoptic processes at 3 sites

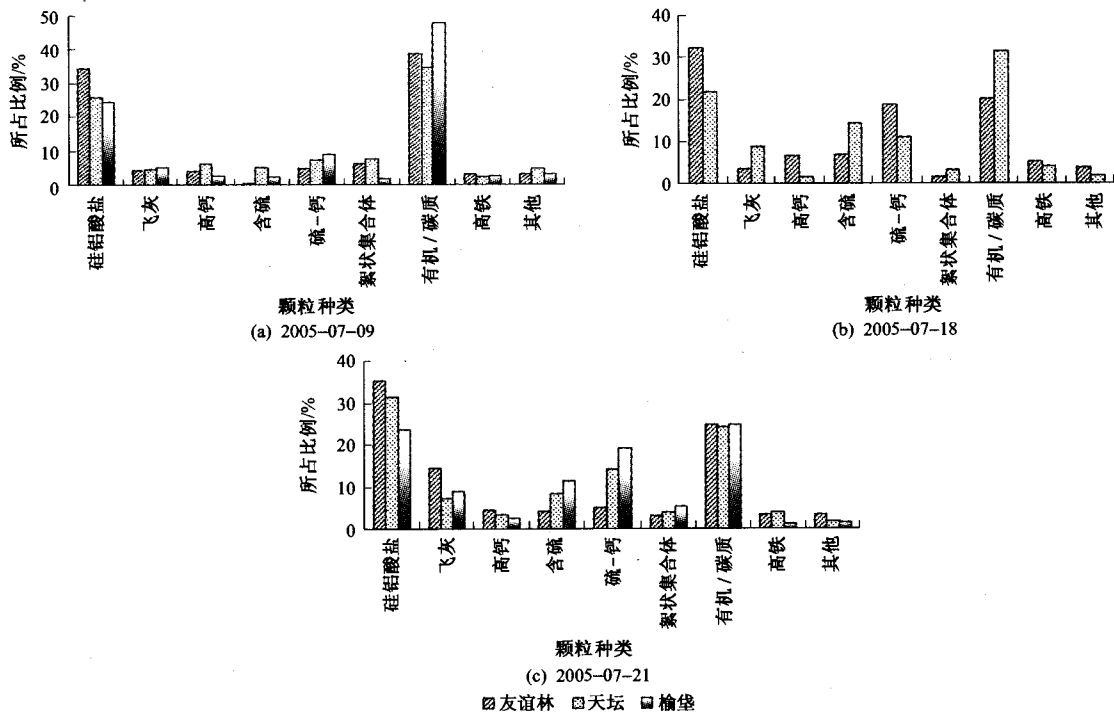


图 4 颗粒种类对比

Fig.4 Comparison of particle sources

物的尺度和组成差别均非常明显。

2.2.1 北方冷空气过程

处于冷空气活跃的天气条件下,北京处于对流不稳定区,污染物垂直混合很强烈^[1]。颗粒粒径分布特征为:粒径小于 1.0 μm 和大于 5.0 μm 的颗粒所占比例较高,而粒径为 1.0~2.5 μm 相对其他天气所占比例较低,只占总颗粒数的 25%~30%。该日粒径谱与较清洁大气的 Junge 分布最为接近,图 1(a)也显示该日空气较为清洁。在该类天气条件下,背景气溶胶浓度低,人为排放和气粒转化的“新”原生颗粒,不容易通过碰并、凝结等过程长大,所以该日粒径在 1.0 μm 以下颗粒所占比例最大,而粒径为

1.0~2.5 μm 所占比例小,粒径大于 2.5 μm 的颗粒则通过扰动和风力的机械作用由地面向大气输送。该日大气对流混合作用较强,可能是粗颗粒,尤其是粒径在 5.0 μm 以上颗粒较多所致。

有机/碳质颗粒数量最多,其次是不规则硅铝酸盐。除硫-钙、絮状集合体所占比例稍高外,其他各类颗粒所占比例均在 5% 以下(见图 4(a))。上述 4 类颗粒均以一次排放为主,说明冷空气活跃的气象条件下,一次排放源,如扬尘是造成颗粒污染的主要原因。

南部粒径在 1.0 μm 以下颗粒最多,其有机/碳质颗粒数量突出,飞灰、硫-钙颗粒偏多;北部硅铝

酸盐明显多于市区和南部. 与其他 2 个采样点相比, 市区颗粒种类更丰富, 存在更多的高钙、含硫、絮状集合体和其他颗粒(如 Cr). 因此, 北部地区主要受自然来源的影响, 污染物浓度水平很低, 代表了城市的背景水平; 南部地区可能受到了北京城区的影响.

2.2.2 海上高压

由图 3 可知, 18 日粒径在 $1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 的颗粒数大幅度增加, 占 45% 和 41%. 18 日湿度较大, 气压高, 南风, nm 级气溶胶粒子通过凝结、碰并等物理过程, 以及吸湿粒子表面化学过程, 迅速向 μm 级发展^[12-13], 使得粒径集中在 $1.0 \sim 2.0 \mu\text{m}$. 该粒径分布的变化说明在海上高压的天气过程下, 有大量的二次粒子生成, $\rho(\text{PM}_{10})$ 较高.

从化学组成上看, 18 日含硫和硫-钙颗粒所占比例较 9 日大幅增加. 肖锐等^[14] 发现, 含硫颗粒所占比例最高是北京夏季大气颗粒污染的特征. 文献^[15] 报道, 含硫物种 (SO_2 和含硫有机物等) 在颗粒表面发生多相反应, 生成新的气溶胶粒子. 其中包括矿尘吸收 SO_2 生成硫酸盐气溶胶, 痕量金属元素如 Fe 和 Mn 起催化和氧化作用. 该日含硫和硫-钙颗粒增多, 说明在偏南风和湿度较高情况下, 颗粒表面的多相反应非常活跃, 有大量的次生粒子生成.

北部含硫颗粒所占比例低于市区, 而硫-钙颗粒高于市区. 可能是因为在南风作用下, 城市中的颗粒向北部转移, 产生的二氧化硫和含硫与含钙颗粒在云中物理化学过程的作用下转变成硫-钙颗粒. 市区有机/碳质颗粒所占比例最高, 类似于南部在冷空气影响下的情况. 南部 $\rho(\text{PM}_{10})$ 低于市区说明海上高压条件下, 南部基本不受市区的影响, 相反, 市中心以南的工业锅炉、汽车引擎排放对市区的有机/碳质颗粒贡献突出, 当然也不排除从更大范围内污染输送的影响.

2.2.3 地方性天气

由图 1 可知, $\rho(\text{PM}_{10})$ 较高. 颗粒尺度分布与组成和海上高压控制时比较接近, 不过粒径在 $0 \sim 1.0$ 和 $1.0 \sim 2.5 \mu\text{m}$ 颗粒所占比例都较高. 矿物颗粒所占比例最高, 而有机/碳质颗粒所占比例有所下降, 且在 3 个站点基本持平. 这可能与 21 日样品单位滤膜上颗粒负荷较高有关, 因为颗粒负荷高时细小颗粒不容易在视场中被发现. 此外, 由于山谷风, 污染物在山前往复搬运, 不断的混合、搅拌, 也可能是造成城区和北部主要颗粒分布相对均匀的原因. 其他次要类型的颗粒(如燃煤飞灰、硫-钙颗粒、含硫颗

粒和絮状集合体等)有所增加, 说明了此时颗粒“较老”, 各种来源的贡献更加复杂.

南部与北部、市区颗粒明显不同. 北部和市区在组成上较为近似, 说明北部已经受到较强的城区影响. 南部含硫颗粒、硫-钙颗粒和絮状集合体可能更多地包含了中-大尺度区域污染的信息.

3 结论

a. 北京市大气颗粒物中来自多种人为排放源、粒径细小的有机/碳质颗粒最多, 占总颗粒数的 31.3%; 来自扬尘的矿物颗粒占 29.5%, 有较广的尺度谱; 二次源硫-钙颗粒占 10.6%, 粒径谱分布较广; 燃煤飞灰占 7.2%, 绝大多数粒径小于 $2.5 \mu\text{m}$. 其他如来自燃煤的含硫颗粒、机动车排放的絮状集合体以及建筑施工产生的高钙颗粒占 4.1% ~ 6.5%.

b. 3 类典型天气过程中, 大气颗粒物的污染特征和来源特征鲜明. 冷空气影响时, 粒径小于 $1.0 \mu\text{m}$ 的颗粒所占比例大, 主要是由轻元素组成的有机/碳质颗粒, $5.0 \sim 10.0 \mu\text{m}$ 的颗粒数量也较多, 主要是地壳源的不规则硅铝酸盐, 其他类颗粒数量均较少; 海上高压影响时, 积聚模粒子增加明显, 对应的种类主要是硫-钙颗粒和含硫颗粒, 反映了该类过程中活跃的大气反应、二次污染粒子生成; 地方性天气过程中, 各类组成颗粒所占比例与副高压影响时相近, 但粒径在 $1.0 \mu\text{m}$ 以下的颗粒所占比例有所增加, 城区和北部地区颗粒主要组成种类比例接近.

c. 市区和南、北部郊区大气颗粒物的污染特征有所不同. 市区人类活动产生的颗粒种类和来源最多, 对下风向颗粒组成影响明显, 控制市区的来源将对整个市区的大气颗粒污染起到重要作用; 南部与北部和市区明显不同, 可能更多地包含了中-大尺度区域污染的信息; 北部在北风情况下可以代表城市的背景水平, 但是在地方性天气和受系统性南风影响时, 北部受市区影响很明显.

参考文献:

- [1] Lighty J S, Veranth J M, Sarofim A F. Combustion aerosols: factors governing their size and composition and implications to human health [J]. Air Waste Manag Assoc, 2000, 50: 1565-1618.
- [2] 郝志明, 王丽涛, 李林, 等. 北京市能源相关大气污染源的贡献率和调控对策分析[J]. 中国科学 D 辑(地球科学), 2005, 35(增刊 I): 115-122.
- [3] 陈添, 华蕾, 金蕾, 等. 北京市大气 PM_{10} 源解析研究[J]. 中国环境监测, 2006, 22(6): 59-63.
- [4] 朱先磊, 张远航, 曾立民, 等. 北京市大气细粒子 $\text{PM}_{2.5}$ 的来源研究[J]. 环境科学研究, 2005, 18(5): 1-5.

- [5] 马一琳,张远航.北京市大气光化学氧化剂污染研究[J].环境科学研究,2000,13(1):14-17.
- [6] 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_{2.5})的影响[J].环境科学,2002,23(4):33-36.
- [7] 宋宇,唐孝炎,方晨,等.北京市能见度下降与颗粒污染的关系[J].环境科学学报,2003,23(4):468-471.
- [8] 董树屏,刘涛,孙大勇,等.用扫描电镜识别广州市大气颗粒主要种类[J].岩矿测试,2001,20(3):202-207.
- [9] 董树屏,李金香,李禄.应用扫描电镜-能谱系统对大气颗粒中单颗粒的观测和识别[J].电子显微学报,2006,25(增刊):328-329.
- [10] 陈雁菊,时宗波,贺克斌,等.北京市沙尘天气中矿物单颗粒的物理化学特征[J].环境科学研究,2007,20(1):52-57.
- [11] 寿绍文.天气学分析[M].北京:气象出版社,2002:148-153.
- [12] Friedlander S K. Smoke, dust, and haze: fundamentals of aerosol dynamics [M]. 2nd ed. Oxford, New York: Oxford University Press, 2000: 188-219, 275-303, 359-366.
- [13] 王明星.大气化学[M].第2版.北京:气象出版社,2005:167-204.
- [14] 肖锐,刘威德,梁汉东,等.北京市春夏季大气气溶胶的单颗粒分析表征[J].岩矿测试,2004,23(2):125-131.
- [15] 陈建民,孔令东.大气气溶胶多相反应对酸沉降的影响[C]//第十三届全国大气环境学术会议论文集.哈尔滨:中国环境科学学会大气分会,2006:141-149.

(责任编辑:孙彩萍)

欢迎订阅 2008 年《环境科学研究》

《环境科学研究》是由国家环境保护总局主管,中国环境科学研究院主办的综合性学术期刊,为中文核心期刊、中国科技论文统计源期刊及中国生物医学核心期刊.主要刊登环境科学领域的新成果、新技术、新方法,环境管理的新理论、新经验,以及反映环保领域热点问题的学术论文;通过特别约稿及时讨论环境重大问题及重要学术理论.为相关政府机构、研究及教育部门、企业、各类环保团体、环保科技人员、管理干部、高等院校师生服务.

该刊被《中国科学引文数据库》、《中国科技论文与引文数据库(CSTPCD)》(中国科技核心期刊)、《万方数据——数字化期刊群》、《中国核心期刊(遴选)数据库》、《中国科技期刊精品数据库》、《中国期刊全文数据库(CJFD)》、《中国学术期刊综合评价数据库》、《中国生物学文献数据库》、联合国水科学和渔业情况系统总部《ASFIS 数据库》,以及《环境科学文摘》、《中国生物学文摘》、《中国医学文摘·卫生学》、《水科学和渔业文摘》、《中国水产文摘》等收录.

该刊为双月刊,大 16 开.单月 30 日出版,印刷精美.2008 年刊物为 200 页,定价 30 元.欢迎国内读者到当地邮局订阅,邮发代号:82-384;国外由中国国际图书贸易总公司发行,发行代号:DK11025.亦可向编辑部直接订阅(免邮费),或登陆本刊网站订阅.需要 2007 年及以前刊物或合订本的读者请与编辑部联系.

《环境科学研究》编辑部

网址:<http://www.hjkxyj.org.cn>

编辑部地址:北京朝阳区安外大羊坊 8 号 中国环境科学研究院

邮政编码:100012

联系电话:(010)84915128

E-mail:hjkxyj@vip.163.com