

韶关市大气降尘矿物成分和形貌特征研究

罗莹华^{1,2} 戴塔根¹ 梁凯^{1,2} 刘明¹

(1. 中南大学 地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 韶关学院 旅游系, 广东 韶关 512005)

摘要: 利用 X 射线衍射(XRD)仪、扫描电镜 X 射线能谱(SEM/EDX)仪研究大气降尘矿物成分和颗粒物形貌特征。结果表明, 韶关市大气降尘主要矿物成分为伊利石、斜长石、绿泥石、石英、方解石、白云石和无定型非晶质物等, 大气颗粒物形貌可分为 4 种类型: 粒状、片状单矿物, 链状集合体, 圆球状飘珠和不规则粒状集合体。伊利石、绿泥石来源于地面扬尘, 方解石、白云石来源于建筑扬尘, 无定型非晶质物来源于工业烟尘。粒状、片状单矿物是地面扬尘的标志, 链状集合体和圆球形飘珠是工业烟尘的标志, 不规则粒状集合体是建筑扬尘的标志。大气降尘矿物成分和形貌特征是判别污染物来源的重要标志。

关键词: 韶关市; 大气降尘; 矿物成分; 形貌特征

中图分类号: P579; P572; P574.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-6524(2006)02-0162-03

Mineral composition and morphology of atmospheric dust fall in Shaoguan City

LUO Ying-hua^{1,2}, DAI Ta-gen¹, LIANG Kai^{1,2} and LIU Ming¹

(1. College of Geology and Environment Engineering, Central South University, Changsha, 410083, China;

2. Department of Tourism, Shaoguan University, Shaoguan, 512005, China)

Abstract: In order to study mineral composition and morphology of atmospheric dust fall and to estimate the source of the particles, the authors employed XRD and SEM/EDX to perform investigations in such aspects in Changsha City. The results reveal that the main minerals are illite, plagioclase, chlorite, quartz, calcite, dolomite and amorphous matter, with the illite and chlorite derived from the surface raised dust, and the amorphous from the industrial ash. There are four morphological types, namely grained and flaky individual mineral, chain-like aggregates, spherical flying beads and irregular aggregates, with the chain-like and spherical aggregates being indicators of industrial ash, and other particles derived from other sorts of raised dust. The mineral composition and morphology of atmospheric dust fall serve as important criteria in identifying pollution sources.

Key words: Shaoguan City; atmospheric dust fall; mineral composition; morphology

大气降尘是大气气溶胶的沉降物,具有复杂的矿物组成(吕森林等,2003),其来源复杂,可分为自然源和人为源(Cairns and Carlson 2000),来源不同的大气降尘,其颗粒物形貌特征和矿物成分存在差异,人们可据此判别污染物来源(张红等,2000;陈天虎等,2001,2003;Gomez *et al.*, 2004)。对大气降尘矿物成分和形貌特征的分析研究,有助于揭示城市大气颗粒物的来源、物质组成及其对环境和人体的危害,进一步认识大气颗粒物的环境行为,为制订城市大气质量控制和污染防治对策提供重要依据。

1 实验

为了使样品具有代表性,分别在城市的工业区、商业区、居民区、交通区和近郊区(相对清洁区)各布置 2 个采样点,采集距地面 1.5~2.0 m 的屋顶平台、窗台、窗框、门框、空调壳上的灰尘,用毛刷将灰尘扫到光洁的白纸上,然后转移至塑料袋中。共采集 10 个样品,检出样品中较大的杂物,干燥后均

收稿日期: 2005-07-11; 修订日期: 2005-11-24

基金项目: 广东省科技计划资助项目(2004B16001201)

作者简介: 罗莹华(1968-),女,讲师,博士研究生,主要从事环境矿物学、环境地球化学研究, E-mail: sgdxyinghua@126.com。

匀混合成一个综合样。

采用 XBD2000 型 X 射线衍射仪 (XRD) 分析大气降尘矿物成分。先把粉末样品粘贴在载玻片上,再置于 XRD 样品台上分析,根据谱图峰顶标值 d 查询 JCPDS 卡片,定性鉴定矿物类型。测试条件 Cu 靶,管压 36 kV,管流 20 mA,扫速 $1^\circ/\text{min}$,取样步宽 0.01° 。用扫描电镜 X 射线能谱 (SEM/EDX) 进行颗粒物微观形貌和化学成分分析。用双面胶将少量样品均匀粘贴到载玻片上,放到样品台上观察,随机选取特定区域后聚焦,调整衬度和对比度至最佳视觉效果时照相,并对随机选定的矿物颗粒进行 X 射线能谱分析。实验室所用扫描电镜为英国产 LEO453VP 环境扫描电镜,配有 Link ISIS 能谱分析系统,电压 20 keV,电流 0.6 nA,电子束斑直径为 $1 \mu\text{m}$,电子束的穿透能力为 $5 \mu\text{m}$ 。为了有效降低金属样品台和镀膜物质的干扰,对样品不镀任何物质。

2 结果与讨论

2.1 X 射线衍射分析

由 X 射线粉末衍射分析图谱 (图 1),可知韶关市大气降尘主要矿物成分为伊利石、斜长石、绿泥石、石英、方解石、白云石和无定型非晶质物等。伊利石、绿泥石等粘土矿物是含水的硅酸盐矿物,在高温下不稳定,因此不可能存在于工业烟尘中,此类矿物的存在可作为大气颗粒物地面扬尘来源标志。石英和斜长石是高温下稳定的硅酸盐矿物,可以源于地面扬尘,也可以源自工业烟尘、粉尘。大气颗粒物中的非晶质物质是无机物高温过程的典型产物,是工业烟尘的代表物。方解石和白云石可能来自地面扬尘或工业粉尘。

2.2 扫描电镜分析

根据扫描电镜观察结果,研究区大气降尘的颗粒物形貌有以下几种类型:①片状、粒状单矿物 (图 2a、b),据形貌特征推测这些颗粒物为粘土矿物颗粒,代表自然源地面扬尘,它们是大气气溶胶的主要物源。②链状集合体 (图 2c),由大量的

亚微米级颗粒物组成, Kasparian (1998) 和 Berube (1999) 认为这些集合体为煤烟集合体或汽车尾气颗粒。③圆球状飘珠 (图 2d), 粒度大小不等,最大可达 $10 \mu\text{m}$ 以上,可能来自柴油废气或燃煤煤灰。据 Kikuo 等 (2005), 这种圆球形飘珠主要由 Al、Si、Fe 组成,另外含有少量的 S、K、Ca、Ti,是来自燃煤工厂烟尘的标志。④不规则粒状集合体 (图 2e),可能来自地面扬尘或建筑灰尘。

2.3 X 射线能谱分析

自然界中的矿物都有相对固定的化学成分,矿物的化学成分是确定其种类的最基本条件之一,可以利用 SEM/EDX 分析颗粒物的化学成分,把所得结果与标准矿物的化学成分对比来确定矿物的种类 (Welton, 1994)。从 EDX 给出的化学成分可知,矿物颗粒以铝硅酸盐为主,也有硫酸盐化合物 (石膏)、碳酸盐化合物 (方解石) 等其他矿物颗粒 (表 1),这与 XRD 鉴定的结果基本一致。硅酸盐矿物如石英、高岭石、绿泥石、伊利石等来自土壤,硫酸盐矿物则是在大气中形成的新生粒子,碳酸盐矿物可能来自建筑扬尘。

根据能谱结果分析,颗粒物中的矿物成分有石英、石膏、方解石和较多的铝硅酸盐矿物。石英是自然界广泛存在的矿物,在样品中可见单个矿物颗粒,说明了石英可能来自地面扬尘。碳酸盐矿物以方解石为主,是建筑扬尘的标志。铝硅酸盐矿物可能是高岭石、蒙脱石和绿泥石等。

本次实验因条件所限,未能检测出所有的矿物成分。据前人对其他城市的研究表明,大气颗粒物矿物成分复杂,其矿物种类远远不止本文所检测出的这些。吕森林等 (2003) 对北京大气可吸入颗粒物 (PM₁₀) 的矿物组成特征进行了研究,发现北京 PM₁₀ 中矿物颗粒的种类十分复杂,可以识别的矿物达 38 种,其中以粘土矿物的含量最多,其次是石英、复合颗粒、方解石、石膏、长石、白云石等,还检测出赤铁矿、刚玉、金红石、铅黄等氧化物,萤石、岩盐、钾盐、氯化锌等卤化物,黄铁矿、闪锌矿等硫化物,以及磷灰石、钛锰矿、钛铁矿等。

3 结论

(1) 韶关市大气降尘的主要矿物成分为伊利石、斜长石、绿泥石、石英、方解石、白云石和无定型非晶质物等。石英、伊利石、绿泥石可作为地面扬尘标志,方解石、白云石可作为建筑扬尘的标志,无定型非晶质物可作为工业烟尘的标志。

(2) 韶关市大气降尘颗粒物微观形貌可分为 4 种类型:粒状、片状单矿物、链状集合体、圆球状飘珠和不规则粒状集合体。其中链状集合体和圆球形飘珠是工业烟尘的标志,它们可能来自燃煤煤灰或汽车尾气,其他颗粒物可来自天然源,也可以来自人为源。

(3) 大气颗粒物矿物成分和形貌特征是判别污染物来源的重要标志。应对该市主要大气污染源进行颗粒形貌和化学组分的调查研究,为建立大气颗粒物来源提供合理依据,这对于大气质量控制和环境保护具有重要的理论和实际意义。

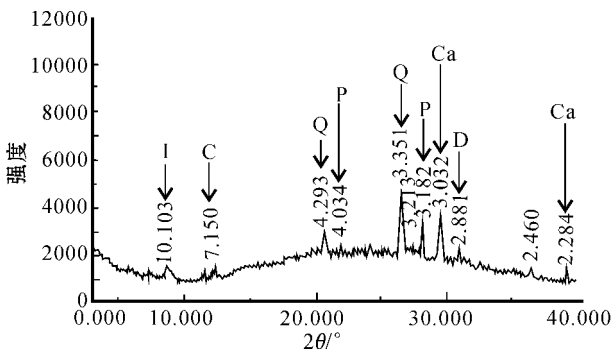


图 1 大气降尘 X 射线粉末衍射图谱

Fig. 1 XRD of the atmospheric particles

I—伊利石 C—绿泥石 Q—石英 P—斜长石 Ca—方解石;
D—白云石

I—illite C—chlorite Q—quartz P—plagioclase;
Ca—calcite D—dolomite

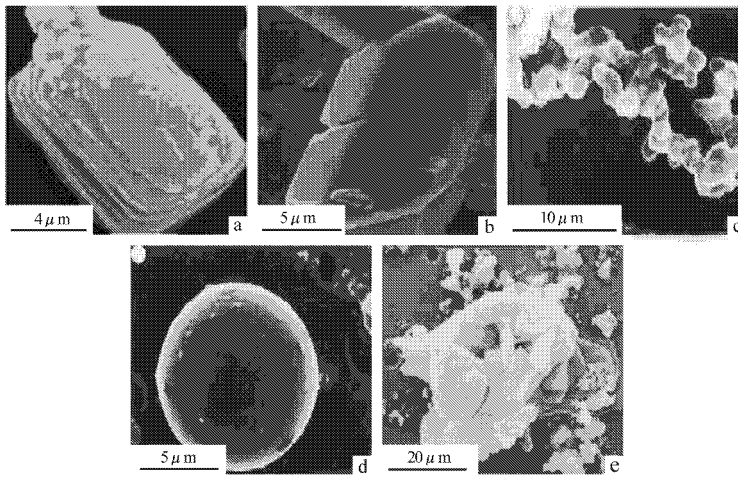


图 2 大气降尘颗粒物的显微形貌

Fig. 2 SEM images of the atmospheric particle

a—片状单矿物颗粒 b—粒状单矿物颗粒 c—链状集合体 d—圆球状飘珠 e—不规则粒状集合体
a—flaky particles b—individual particles c—chain-like aggregates d—spherical flying beads ; e—irregular particles

表 1 SEM/EDX 分析结果

 $w_B/\%$

Table 1 SEM/EDX analyses

化学成分	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	K ₂ O	TiO ₂	S	Total	参考矿物
颗粒 1		10	21.2	41.8	8.9	16.5	1.7		100.1	铝硅酸盐
颗粒 2		3.2	2.3	16	44.5		1.2	33	100.1	石膏
颗粒 3		2.6	6.11	82	6.78	2.4			100.01	石英
颗粒 4	0.27	2.3	7.2	83	6.06	2.0			100.53	石英
颗粒 5		7.6	26.5	46	9.58	7.0	3.1		100.21	铝硅酸盐
颗粒 6		7.7	17.4	42	20.7	6.3		5.6	100	铝硅酸盐
颗粒 7		11	21.3	41	4.05	21.1	2		100.45	铝硅酸盐
颗粒 8		12	20.1	42	4.12	20.5	1.9		100.62	铝硅酸盐
颗粒 9				2.6	95.8		1.7		100.1	方解石
颗粒 10	0.26	2.4	7.3	82	6.62	1.9			100.48	石英

由中南大学测试分析中心王方测试,精度 5%,误差范围 -0.5% ~ +0.5%。

References

- Berube K A. 1999. Physicochemical Characterization of diesel exhaust particles: Factor 's for assessing biological activity[J]. Atmospheric Environment, 33(10): 1599~1614.
- Cairns B and Carlson B. 2000. How do aerosols affect earth's climate and our health[J]. Research Education, 6(1): 2~5.
- Chen Tianhu, Feng Junhui, Zhang Yu, et al. 2001. Components of atmospheric particles in Hefei city and their environmental significance[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 12(4): 433~436(in Chinese with English abstract).
- Chen Tianhu and Xu Huifang. 2003. Teminvestigation of atmospheric particle settlings and its significance in environmental mineralogy[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 12(4): 425~428(in Chinese with English abstract).
- Gomez E T, Sanfeliu T, Jordan M, et al. 2004. Geochemical characteristics of particulate matter in the atmosphere surrounding a ceramic industrialized area[J]. Environmental Geology, 20(45): 536~543.
- Kasparian J. 1998. Characterization of Urban aerosols using SEM-microscopy, X-Ray analysis and lidar measurements[J]. Atmospheric Environment, 30(17): 2957~2960.
- Kikuo Okada, Yu Qin, Kenji Kai. 2005. Elemental composition and

mixing properties of atmospheric mineral particles collected in Hohhot, China[J]. Atmospheric Research, 73(6): 45~67.

- Lü Senlin and Shao Longyi. 2003. Mineral compositions of individual particulates in PM10 over Beijing[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 12(4): 421~424(in Chinese with English abstract).
- Welton J E. 1994. SEM petrology Atlas[M]. AAPG.
- Zhang Hong, Hou Tao and Fan Wenbiao. 2000. Source identification of atmospheric particulate matters and analysis of scanning electron microscope in Jincheng, Shanxi[J]. Journal of Shanxi University, 23(2): 182~185(in Chinese).

附中文参考文献

- 陈天虎,冯军会,张宇,等. 2001. 合肥市大气颗粒物组成及其环境指示意义[J]. 岩石矿物学杂志, 12(4): 433~436.
- 陈天虎,徐惠芳. 2003. 大气降尘 TEM 观察及其环境矿物学意义[J]. 岩石矿物学杂志, 12(4): 425~428.
- 吕森林,邵龙义. 2003. 北京市可吸入颗粒物(PM10)中单颗粒的矿物组成特征[J]. 岩石矿物学杂志, 12(4): 421~424.
- 张红,侯涛,范文标. 2000. 晋城市大气颗粒物的电镜分析及来源鉴别[J]. 山西大学学报, 23(2): 182~185.