

文章编号: 1000- 6524 (2001) 04- 0433- 04

合肥市大气颗粒物组成及其环境指示意义

陈天虎, 冯军会, 张宇, 李宏伟

(合肥工业大学 资源与环境科学系, 安徽 合肥 230009)

摘要: 化学组成、微量元素 X-射线粉末衍射、红外吸收光谱、扫描电镜分析等研究, 显示合肥市各个取样点大气颗粒物组成基本稳定, 矿物组成为: 伊利石、石膏、绿泥石、石英、长石、方解石、白云石、无定形非晶质物, 具有异常的钙、钴、铜、铅、锌含量, 主要为微米级颗粒。综合分析结果揭示合肥地区大气颗粒物主要源于水泥工业和交通造成的污染, 部分来源于地面扬尘和工业窑炉。大气降尘中较多石膏(大于10%)的存在, 说明大气 SO₂ 污染比较严重。

关键词: 合肥市; 大气颗粒物; 环境矿物学; 环境化学

中图分类号: X513

文献标识码: A

大气颗粒物的来源可分为天然源和人为源。天然源包括地面扬尘、海浪溅出的浪沫和盐粒、火山爆发所释放出来的火山灰、森林火灾的燃烧物、宇宙隙星尘以及植物的花粉、孢子等。人为源主要是燃料燃烧过程中形成的烟尘、飞灰等, 各种工业生产所散发出来的原料或产品微粒, 汽车排放出来的含铅化合物以及矿物燃料燃烧所排放出来的 SO₂ 在一定的条件下转化成的硫酸盐粒子等。空气中颗粒物对人体健康有重要的影响^[1-2], 因而城市空气中颗粒物的浓度是评价空气质量的重要指标, 是目前城市空气质量监测的主要项目之一。但是对空气中颗粒物浓度的分析监测, 只能反映空气质量, 并不能反映颗粒物来源及其形成机制。大气颗粒物组成的分析研究, 有助于揭示城市大气颗粒物的来源、形成机制、物质组成以及对环境和人体的危害, 进一步认识大气颗粒物的环境行为, 为制定城市大气质量控制和污染防治对策提供重要依据。因而, 大气颗粒物组成及环境化学研究已成为目前环境科学研究的一个热点^[3-8]。

1 取样方法

考虑到城市人口分布和功能区划, 合肥市大气中颗粒物收集取样设置4个点, 分别为: 南部区(东流路安徽汽车工业技术学校住宅区, 样号 DQ1)、北部区(阜阳北路双岗住宅区, 样号 DQ2) 和中部区(合肥工业大学住宅区, 样号 DQ3; 合肥工业大学教学楼主楼五楼标本库, 样号 DQ4)。

取样方法为: 在目标区内选择无人空房间, 保持房间适当通风, 在房间内水平放置一平板玻璃, 此房间就成为大气颗粒物的沉降室, 12个月后收集玻璃板上的颗粒物, 保存备用。此种方法的优点是: 操作比较简单, 能够取到足够数量的样品用于各项分析, 且样品能够代表取样点一年颗粒物的平均组成, 代表一个地区总体的大气颗粒物组成。

2 大气颗粒物主要元素化学组成

样品分析结果见表1。各取样点大气颗粒物的化学组成基本一致, 只有 CaO 含量变化稍大, 说明其组成是基本稳定的, 突出特点是烧失量较大, CaO 和硫酸盐含量高。结合 X 射线物相分析和红外分析, 烧失

收稿日期: 2001- 05- 08; 修订日期: 2001- 10- 02

作者简介: 陈天虎(1962-), 男, 副教授, 主要从事环境矿物学研究。

量中包括吸附水、有机质、粘土矿物的结构水和结晶水、硫酸盐硫、碳酸盐中二氧化碳。异常高的CaO含量表明大气颗粒物的异常来源。土壤和一般工业烟尘的CaO含量均在1%~4%之间,不可能形成富含钙的大气颗粒物。合肥市大气降尘含有异常高的CaO说明大气颗粒物来源必定和大范围、大规模使用和生产加工富含钙的原料有关。距合肥市60 km的巢湖市是华东地区重要的水泥生产基地,合肥市大气颗粒物来源可能与水泥工业粉尘有关。造成合肥市大气颗粒物富含钙的另一种来源是水泥路面交通粉尘。

表1 大气颗粒物主量元素分析结果

 $w_B/\%$

Table 1 Major elemental composition of the atmospheric particles

样号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TFe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	烧失量	总量	SO ₄ ²⁻	CaSO ₄ ·2H ₂ O
DQ1	40.00	8.60	4.72	0.382	15.85	2.1	2.11	1.29	26.28	101.3	7.13	11.44
DQ2	41.46	8.69	4.30	0.303	14.69	1.63	1.74	1.07	26.18	100.1	7.1	11.44
DQ3	42.71	9.34	4.56	0.336	11.70	1.58	1.75	1.07	26.42	99.47	7.87	12.63
平均	41.39	8.88	4.53	0.34	14.1	1.77	1.87	1.14	26.3	100.3	7.4	11.84
土壤*	62.3	13.47	5.4	0.77	1.92	0.99	1.64	0.85	12.66	100		

由安徽省地质测试实验研究所X射线荧光光谱分析。烧失量SO₄²⁻为重量法分析,CaSO₄·2H₂O为计算值。*引自熊毅,《中国土壤》,1987。

3 大气颗粒物微量元素化学组成

大气颗粒物微量元素分析结果见表2。与土壤背景值(据Bowen, 1966)相比,大气颗粒物Ti、Mn、Cr含量比土壤低,说明颗粒物源于贫Ti、Mn、Cr的物质。一般情况下,人为污染颗粒物相对贫Ti、Mn、Cr、Ni含量基本与土壤一致。Th、Ba、Sr等元素含量略高于土壤背景值,此类元素一般在工业烟尘中相对富集。与土壤背景值相比,Co、Cu、Zn、Pb含量异常高,富集系数分别为4.033、6.06、10.13、19.93。大气颗粒物中的Pb一般认为来源于汽车尾气。BeruBe(1999)利用电子探针X射线微分析(EPXMA)方法研究了柴油废气颗粒的成分,发现具有很高的Zn含量。由此可以看出合肥市城市交通尾气排放和工业烟尘是造成大气污染的重要原因。

表2 大气颗粒物微量元素化学组成

 $w_B/10^{-6}$

Table 2 Trace element of the atmospheric particles

样号	Ti	Mn	Cr	Ni	Co	Cu	Zn	Pb	Th	Ba	Sr
DQ1	3824	534.4	99.5	41.0	69.6	128.8	593	182	10.7	1431	502
DQ2	3031	521.5	58.1	32.0	14.0	124.8	477	219	11.7	589	441
DQ3	3662	607.5	65.3	43.1	13.2	110	449	197	13.2	630	334
平均	3506	555	74.3	38.7	32.3	121	506	199	11.9	883	426
土壤*	5000	850	100	40	8	20	50	10	5	500	300
富集系数	0.7	0.652	0.743	0.9675	4.03	6.06	10.1	19.9	2.37	1.77	1.42

由安徽省地质测试实验研究所X射线荧光光谱分析; *据Bowen, 1966。

4 矿物组成

由X射线粉末衍射分析图谱(图1)可知合肥市大气颗粒物主要物相组成为伊利石、石膏、绿泥石、石英、长石、方解石、白云石、无定型非晶质物。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,工业烟尘中不可能存在此类粘土矿物。因此,大气颗粒物中伊利石、绿泥石等粘土矿物的存在可以

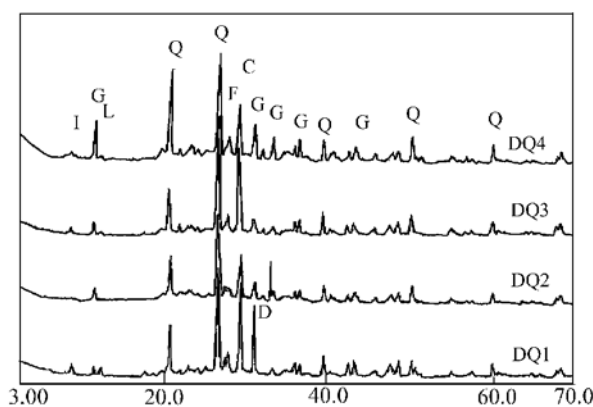


图1 大气降尘X射线粉末衍射图谱

Fig. 1 XRD of the atmospheric particles

I—伊利石; G—石膏; L—绿泥石; Q—石英; F—长石; C—方解石; D—白云石

合肥工业大学理化中心测试, 仪器型号: D/max-RB XRD;
铜靶, 电压: 40 kV, 电流: 100mA, 扫描速度: 4°/Min

作为大气颗粒物地面扬尘来源的标志。石英和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。但从各种工业使用原料(如原煤)的矿物组成来看, 石英、长石的含量一般都很少, 因而, 石英和长石来源于地面扬尘的可能性较大。大气颗粒物中的非晶质物是无机物高温过程的典型产物, 是工业烟尘的代表物。X射线粉末衍射和化学分析计算均表明, 合肥大气颗粒物中含有大量的石膏。但石膏在地表的分布很少, 它不可能是自然来源, 石膏加工厂在合肥及附近地区并不常见, 因此, 可以推测大气颗粒物中的石膏是大气中气态污染物 SO_2 与颗粒悬浮物互相作用的产物, 是大气 SO_2 污染的直接证据。方解石和白云石是大气颗粒物与气态污染物作用的产物, 属于大气中的次生矿物。

5 红外光谱特征

从红外吸收光谱(图2)可以看出大气颗粒物中矿物组成与X射线分析结果一致。存在有机物官能团的伸缩振动吸收, 但弯曲振动吸收较弱, 说明有机物含量并不是很高。

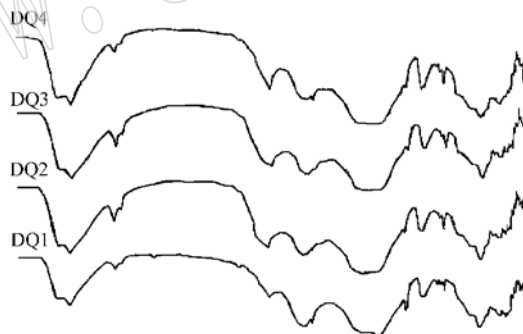


图2 大气降尘红外吸收光谱图谱

Fig. 2 IR spectrograph of the atmospheric particles

合肥工业大学理化中心测试, 仪器型号: 美国 P-E

783 型; KBr 压片; 扫描范围: 4000~200 cm^{-1} ;

扫描时间: 6min, 狭缝宽: 2

6 结论

(1) 合肥市大气颗粒物矿物相主要为伊利石、石膏、绿泥石、石英、长石、方解石、白云石、无定型非晶质物, 具有异常高的 CaO 、 SO_4^{2-} 、 Zn 、 Pb 含量。组成研究表明, 合肥市大气颗粒物主要来源于水泥等工业烟尘和城市交通造成的污染, 部分来源于地面扬尘和其他行业工业窑炉。大气降尘中较多石膏的存在, 说明合肥地区大气 SO_2 污染比较严重。

(2) 合肥大气颗粒物中高浓度的 Cu 、 Co 、 Zn 、 Pb 等可通过呼吸直接或通过植物间接对人体造成危害, 对这一问题应引起高度重视。

(3) 大气颗粒物矿物组成和矿物特征研究是查明大气颗粒物来源和形成机制的有效手段。环境矿物学具有广泛的研究内容和巨大的发展前景。

(4) 应进一步对合肥及周边地区主要大气污染源开展气体颗粒物组成以及系统的硫同位素研究(以硫同位素作为示踪), 建立城市大气颗粒物来源的定量模型, 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。

参考文献:

- [1] 王 澎. 室内空气质量及污染控制[J]. 环境科学与技术, 2001, (2): 26~ 27.
- [2] 戴树桂. 环境化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1997.
- [3] 郭栋生, 袁晓英, 张志强. 太原市大气飘尘中多环芳烃与 DNA 的结构反应[J]. 中国环境科学, 2000, 20(1): 5~ 7.
- [4] 方凤满, 王起超, 李东侠, 等. 长春市大气颗粒汞及其干沉降通量[J]. 环境科学, 2001, 22(2): 60~ 63.
- [5] 邵龙义, 时宗波, 黄 勤. 都市大气环境中可吸入颗粒物的研究[J]. 环境保护, 2000, (1): 24~ 26, 29.
- [6] 王 蕴, 李大秋. 空气颗粒物中非金属离子的特征分析[J]. 环境保护, 1999, (5): 24~ 25.
- [7] 张大年. 城市大气可吸入颗粒物的研究[J]. 上海环境科学, 1999, 18(4): 154~ 157.
- [8] 蒋红梅, 王定勇. 大气可吸入颗粒物的研究进展[J]. 环境科学动态, 2001, (1): 11~ 15.

Components of Atmospheric Particles in Hefei City and Their Environmental Significance

CHEN Tian_hu, FENG Jun_hui, ZHANG Yu and LI Hong_wei

(Department of Resources and Environment, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: Components of atmospheric particles were studied by XFR, XRD, IR and SEM, and the results show that they are basically the same in different parts of Hefei City. Mineral components of atmospheric particulates include illite, gypsum, chlorite, quartz, feldspar, calcite, dolomite and noncrystalline substances. There are abundant Ca, Pb, Co, Cu and Zn in the particulates. Analytical results demonstrate that atmospheric particulates come mainly from concrete industry and traffic, and partly from air dust and soot of industrial stoves in Hefei City. There exists plenty of gypsum in atmospheric particulates, which account for the fact that SO₂ pollution is relatively severe in Hefei area.

Key word: Hefei City; atmospheric particles; environmental mineralogy; environmental chemistry