

兰州市大气飘尘中有机物浓度的变化及其分布特征

彭林¹ 沈平²

¹ (山西矿业学院地测系, 太原 030024)

² (中国科学院兰州地质研究所, 兰州 730000)

提 要 本文收集了兰州市区和郊区在取暖期和非取暖期的大气飘尘样品和汽车尾气及烟尘样品。对这些样品中有机物总量以及各馏分, 即: 饱和烃、芳香烃、非烃和沥青质进行了定量分析, 结果表明: (1) 大气飘尘中有机物浓度在取暖期高于非取暖期, 且市区高于郊区; (2) 通过对烟尘和汽车尾气样品中有机物各馏分浓度与兰州市区大气飘尘的样品各馏分浓度的比较, 其结果是西固区受工业污染较为严重, 盘旋路受汽车尾气的污染较为严重, 铁路局受烟尘的污染较为严重; (3) 兰州市整体污染主要受到燃煤、汽车排放的尾气和工业生产等污染, 但具体某一季节或某一区域, 这三者之间污染程度有一定的差异。

关键词 大气飘尘 有机物 取暖期 非取暖期 污染源

第一作者简介 彭林 女 28 岁 硕士 地球化学

前 言

随着工业化的发展, 大气污染问题已引起各界的关注。研究表明对人体健康影响较大的是粒径小于 $10.0 \mu\text{m}$ 的颗粒物, 称之为“飘尘”⁽¹⁾。而粒径小于 $5.0 \mu\text{m}$ 的微粒易进入呼吸道、支气管和肺部。大约 70%—90% 的多环芳烃集中在粒径小于 $5.0 \mu\text{m}$ 的飘尘中⁽²⁾, 这些飘尘的来源研究工作不断开展⁽³⁾。兰州市受到多种类型的大气污染, 在狭长的、面积不大的兰州盆地(约 117147 km^2) 上空有多种类型的大气污染, 这在国内外属少见, 为了使这些有机污染物得到合理排放, 或加以控制, 就必须搞清这些污染物的来源。甘肃省环保所对兰州市大气飘尘中的有机物进行了定性分析⁽⁴⁾, 近年来又对这些有机污染物的时空变化规律及其致突变性进行了研究⁽⁵⁾, 关于这些污染物的来源⁽⁶⁾利用 CO_2 的 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 变化分析认为兰州市属于煤烟型污染城市。本文是利用有机物中各馏分浓度的变化规律做为污染源识别的一个指标来讨论这些污染物的来源。

1 实验部分

1.1 采样时间

分两个季节, 即取暖期(1994 年 3 月)和非取暖期(1994 年 8 月)。

1.2 采样地点^①

1[#]站:兰州市西固区、兰炼宾馆楼顶。采样高度离地面 15 m,周围是工业区。

2[#]站:兰州市铁路局,职工医院楼顶。采样高度离地面 20 m,周围是居民商业混合区。

3[#]站:兰州市盘旋路,地震局门口。采样高度离地面 2.5 m,周围是交通区。

4[#]站:甘肃省榆中县气象站内。采样高度离地面 5 m,为较清洁区。

1.3 采样方法与仪器

大气飘尘的采样使用美国热电子公司生产的 IE214A 型大流量大气飘尘采样仪。将飘尘吸附于石英滤膜上。石英滤膜使用前在马福炉中烘烤了 3 小时(500℃),以除去上面吸附的有机物。为了使样品具有代表性,连续 96 小时采样,每 12 小时更换一张滤膜。

汽车尾气的采样使用广东佛山分析仪器厂生产的 MZX A-324F 型汽车尾气测量仪,将汽车排出的尾气颗粒物收集于石英滤膜上。

烟尘的采样使用上海宏伟仪表厂生产的 SYC-Ⅲ 型烟尘测试仪,将烟尘收集于滤筒上。

1.4 样品的提取分离

所收集的样品用二次精馏的二氯甲烷,在抽提器中抽提 12 小时,将粗的抽提物过滤,浓缩干燥后,恒重,粗的抽提物用柱层析分为三个组分,分离流程如图 1 所示。

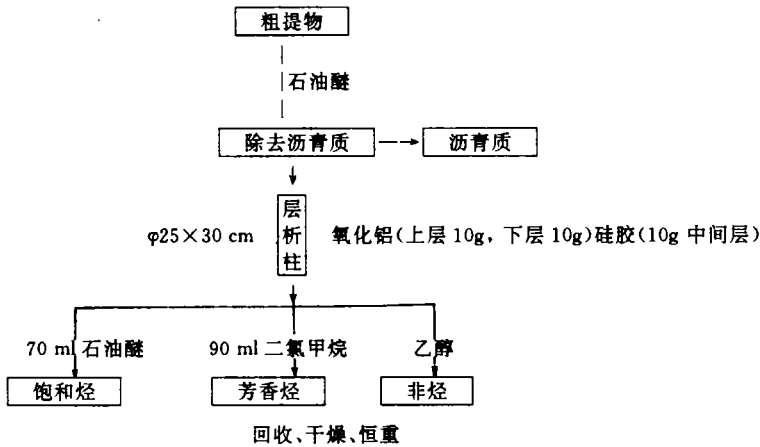


图 1 样品分离流程图

Fig. 1 Schematic for fractionation and chemical separation

2 实验结果和讨论

2.1 大气飘尘中有机物的浓度

表 1 给出了样品中所提取的有机物的浓度,单位是每立方米空气中(已化到标准状态,即 1 大气压,25℃)所含有机物的量。兰州市大气飘尘中有机物总浓度为 $16.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。从其变化规律来看,取暖期的有机质浓度明显高于非取暖期(图 2),城关区(包括铁路局和盘旋

^① 注:以上各采样点,均为国家环保局认定的具有代表性的监测点。

路)高于西固区,郊区最低。城关区内铁路局居民、商业区混合区 20 m 高层采样点,其飘尘有机物的浓度高于盘旋路交通要道口 2.5 m 的低层采样点。西固区不同时期的有机物浓度差异很小(取暖期 $14.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 和非取暖期 $14.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$),说明污染源相对稳定,而市区的污染源较为复杂。

表 1 有机物总浓度分布

Table 1 Concentration and its distribution of organic matter

地点	日期	有机物总量 (一) g	有机物总量 (二) g	相对误差	有机质平均 浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	地区平均 浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	兰州市平均 浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
西固	94.3.7—11	0.0412	0.0433	4.90%	14.7	14.5	16.2
	94.7.28—8.1	0.0411	0.0419	3.20%	14.4		
铁路局	94.3.3—7	0.0828	0.0756	7.90%	27.3	18.7	
	94.7.21—25	0.0290	0.0285	2.00%	9.9		
盘旋路	94.3.14—18	0.0642	0.0638	6.20%	22.2	15.3	
	94.8.2—8.6	0.0235	0.0243	3.00%	8.3		
榆中	94.3.11—13	0.342			12.7	10.7	
	94.8.10—12	0.0221			5.8		

造成这种差异性的主要原因:

(1)在取暖期城关区主要以煤为能源取暖,在工业污染、汽车排放以及自然污染源等的基础上叠加了由于取暖烧煤这一严重的污染源,而使取暖期大气飘尘中的有机物浓度明显高于非取暖期。

(2)兰州市城关区与其它北方大城市不同,兰州市城关区位于河谷盆地,南北两山对峙,造成了城区上空的有限空间,同时常年风速较小(平均 0.94 m/s)特别是在冬季,静风率高,逆温天数多,逆温层象锅盖一样经常罩在市区上空,大气污染物扩散不出,只有在近地面的有限空间内累积、回旋,在这样特殊的地形和气象条件下,使得兰州市城关区的大气环境容量比平原城市的环境容量要小得多,造成取暖期环境严重污染。而在夏季气温较高逆温层容易被破坏,使城关

区上空的气流容易流动易与外界进行交换,市区的污染物容易扩散。而西固工业区受季节变化不明显,这主要是由于西固工业区的污染源比较固定。西固工业区主要由工业排放而引起大气污染较严重,即使在冬季增加取暖而引起的污染,但居民的取暖相对于工业生产

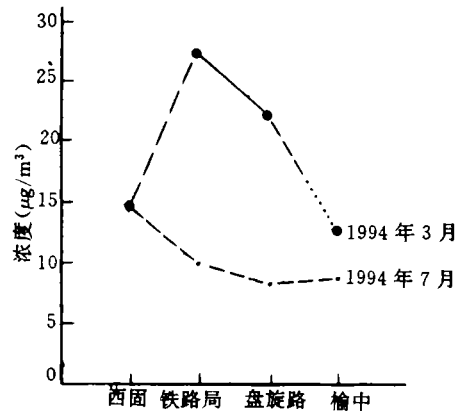


图 2 样品中有机物浓度分布

Fig. 2 Schematic for the concentration and distribution of organic matter

所排放的有机污染是十分微小的因素,且西固区的地理位置有利于污染物的扩散。

(3)在铁路局(属商业居民混合区)和盘旋路(交通要道区)。无论是在冬季还是在夏季,商业居民混合区的污染皆大于交通区的污染,由于商业居民混合区人类活动较频繁,靠近铁路,致使长年污染严重。兰州市的郊外榆中县气象站附近,由于地处开阔地带,而且周围没有大型工厂、铁路等固定的污染源,不仅污染物排放减少,而且也容易扩散,故有机物浓度无论在冬季还是在夏季均小于兰州市区。

2.2 有机质中的饱和烃、芳香烃、非烃、沥青质系列浓度总体变化特征

表 2 是各采样点大气飘尘以及汽车尾气和烟尘中所提取的有机质中各馏分的浓度变化规律,由表 2 可看出:

(1)不同地区、不同季节,各馏分中非烃组分的含量是最高的,在有机污染物的研究中应予以重视这组化合物;(2)除西固、铁路局闹市区和郊区在非取暖期的沥青质相对含量略高于芳烃组分外,其余的样品不同馏分含量的总体变化次序为非烃>饱和烃>芳烃>沥青质;(3)盘旋路交通要道区饱和烃的含量最高,并且取暖期和非取暖期的样品相似(30.23%和33.33%);其它各区取暖期的饱和烃含量高于非取暖期;(4)芳烃含量是西固区>城关区>郊区,取暖期和非取暖期芳烃含量差异较小,特别是西固区和铁路局的闹市区基本相似。各馏分的分布特征在图 2 和图 3 也可明显地反映上述规律。

为有利于对比和研究,将汽车尾气和烟尘样品进行分析,结果数据列于表 2 和绘于图 3、图 4。由图和表可看出,两者排放的有机物各馏分含量完全不同。

汽车尾气排放的有机质中主要含饱和烃,其含量高达 53.94%,非烃和沥青质含量偏低(分别为 28.94%和 2.6%);烟尘排放的有机质馏分中饱和烃含量很低为 5%;非烃和沥青质含量占优势,分别为 56.00%和 29.40%,汽车尾气和烟尘中的芳烃馏分含量分别为 14.47%和 9.60%,与上述不同地区,不同时期的有机物中的芳烃含量相近似。

以上两者排放有机物馏分含量的差别与原物质的性质和燃烧后有机质的赋存状态有直接关系,对汽油而言主要成份为直链脂肪烃^[7],燃烧后排放的残余物多数为小链饱和烃,而煤本身是复杂的固体碳、氢燃料,除了含水分和矿物质成分外,尚含有少量氧、氮、硫等元素构成有机聚合物。燃烧后的残余物几乎含很少量的直链脂肪烃,因此由于汽油和煤燃烧后所得产物含量及其性质的不同,为我们研究大气有机质污染的来源提供重要的信息。

通过大气飘尘中的有机物各馏分与汽车尾气样品烟尘样品相比较,我们认为,在盘旋

表 2 饱、芳、非、沥系歹百分浓度变化

Table 2 Percentage concentration variation of saturated hydrocarbons, aromatics, non-hydrocarbons and asphaltenes

地 点	日 期	有机物 总浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	饱和 烃 (%)	芳 烃 (%)	非 烃 (%)	沥 青 质 (%)
西 固	94.3.7—3.11	14.7	25.68	16.92	51.12	5.68
	94.7.28—8.1	14.4	13.99	15.06	54.69	16.75
铁 路 局	94.3.3—3.7	27.3	23.44	11.18	58.44	6.98
	94.7.21—25	9.9	16.35	11.48	56.35	14.75
盘 旋 路	94.3.14—18	22.2	30.23	9.45	55.39	4.92
	94.9.2—8.6	8.3	30.33	13.59	50.00	5.86
榆 中	94.3.21—23	12.7	16.08	14.04	66.00	3.80
	94.8.10—12	8.3	8.10	6.78	76.47	8.59
汽车尾气			53.94	14.47	28.94	2.60
烟 尘			5.00	9.60	56.00	29.40

路交通要道 2.5 m 低层的测点,其饱和烃含量高(相对接近于汽车尾气),因此汽车尾气的污染是该测区 2.5 m 内人类活动范围的主要污染源之一。而铁路局居民,商业混合区,20 m 高层测点饱和烃含量相对偏低,而非烃和沥青质含量较高,反映出以烟尘的污染为主。对城关区除了有西固工业区工业污染的影响外,由于城关区居民密集,街道小工厂星罗棋布,生产、生活锅炉、茶炉、食堂和各种餐馆等等全以煤炭为燃料,此外在商业经济发展的同时,城市车辆拥挤,汽车尾气的排放都已成为市区的重要污染来源。西固区是我国重要的石油化工基地之一,面积不大,工厂集中,烟囱林立,每天排放大量的污染物,反映在不同季节有机物的浓度和各馏分含量变化差异较小污染物相对较稳定,表明西固区的环境污染主要来自工业污染。

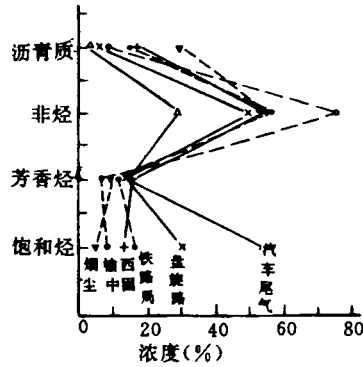
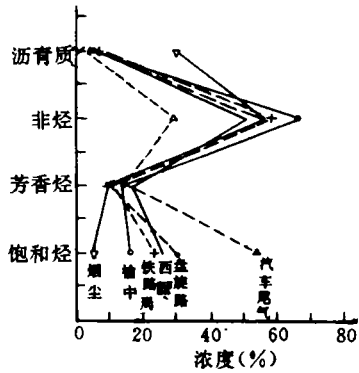


图 3 取暖期样品中有机物各馏分的分布特征图

图 4 非取暖期样品中有机物各馏分的分布特征图

Fig. 3 Distribution characteristics of the composition of organic matter in heating seasons

Fig. 4 Distribution characteristics of the composition of organic matter in non-heating seasons

小 结

(1) 兰州市为一河谷盆地,冬季风速小,逆温层厚,而时间长,使污染物不易扩散,又有取暖燃煤污染的叠加,形成取暖期有机物浓度高于非取暖期,致使大气污染更严重。

(2) 有机质中各馏分百分含量,以非烃含量最高。非烃为极性强的有机化合物,成分复杂,是目前研究中的薄弱点,而这类化合物都属于对人体有害的物质。对一个以石油化工为主的工业城市,炼油和用煤烟尘的排放使得在大气飘尘中有机污染物中具有 50% 以上的非烃,这是应该值得引起人们的关注。通过兰州市的样品与烟尘,汽车尾气样品各馏分的浓度的比较得出,兰州市城关区的商业居民混合区主要受烟尘的污染较严重,而盘旋路口受汽车尾气的污染较为严重,西固区主要受工业排放的烟尘污染。

参 考 文 献

- [1] Fine particulate pollution, A Report of the United Nations Economic Commission for Europe, printed in Gt. Britain by Page Bros ltd. 1979.
- [2] Pierce R. C. and Ratz M., Determination of atmospheric isomeric polycyclic arene by thin-layer chromatography and fluorescence spectrometry analyt. chem. 1975, 47: 1743—1748.
- [3] Hopke, P. K., Receptor Modeling in Environmental Chemistry, John Wiley and Sons, New York, 1985.
- [4] 吴仁铭等, 毛细色谱-质谱法测定大气飘尘中多环芳烃, 质谱, 1981, (1):3。
- [5] 张柳明, 中国西北地区大气 CO₂ 浓度及其碳氧同位素组成特征, 科学通报, 1992, (5):441—444。
- [6] 田裘学, 兰州地区大气污染的特征及防治, 环境科学通报, 1992, 12(4):481—488。
- [7] Charles G. Wada, Science, Energy and Environmental Change Macmillan Publishing Co. 1975.

The Concentration Variation and Its Distribution Characteristics of Organic Matter of Airborne Particulates in Lanzhou City

*Pen Lin*¹ and *Shen Pin*²

¹ (Geomeasurement Department of Shanxi Mining Institute, Taiyuan 030024)

(Laboratory of Gas Geochemistry, Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences 730000)

Abstract

In this work, samples of airborne particulates, vent gas and smog dust during heating and non-heating seasons were collected in the urban and suburban areas of Lanzhou. After extraction and separation, four kinds of components, such as saturated hydrocarbons, aromatics, non-hydrocarbons and asphaltenes, were obtained. According to the quantitative analysis, the results are shown as follows:

(1) In the airborne particulates the concentration of organic matter during heating seasons is higher than that during non-heating ones.

(2) According to the concentration comparison of four kinds of organic components among the smog dust, vent gas and airborne particulate in Lanzhou, industrial pollution, vent gas and smog dust are the main sources in Xigu, Panxuanlu and Tieluju, respectively.

(3) In a word, the pollution in Lanzhou is mainly attributed to burning of coal, vent gas and industrial release, which contribute different percentages depending on the particular seasons or areas.

Key Words airborne particulate organic matter heating season non-heating season pollution source