

# 太原市大气颗粒物中正构烷烃的分布特征及环境意义<sup>①</sup>

彭林<sup>1</sup> 陈名梁<sup>2</sup> 段毅<sup>3</sup>

1(太原理工大学 太原 030024) 2(太原市冶金工业学校化工科 太原 030009)  
3(中国科学院兰州地质研究所,气体地球化学国家重点实验室 兰州 730000)

**摘要** 对太原市大气颗粒物中正构烷烃进行了GC-MS和GC-C-MS分析和研究。结果表明,太原市大气颗粒物中正构烷烃的分布特征在冬夏两季有明显的差异,但是同一季节不同的功能区差异不明显,而其正构烷烃的单分子系列碳同位素组成有明显的差异性,即:太钢工业区为-22.6‰,桃园四巷商业居民区为-27.9‰,化肥厂化工区为-32.98‰。分布特征表明其主要来源于人为的化石燃料燃烧产物,夏季有极少部分是来源于细菌和高等植物等现代生物有机质。就各功能区来说,太钢工业区富集重的碳同位素,污染物主要来源于煤的不完全燃烧,而化肥厂附近主要污染物来源于化工产品的扩散,且扩散能力较强,富集了轻的碳同位素。

**关键词** 大气颗粒物 正构烷烃 污染源

**第一作者简介** 彭林 女 1967年出生 硕士 环境地球化学

**中图分类号** X141 **文献标识码** A

大气颗粒物中的污染有机质一般来源于人为因素和自然因素<sup>[1]</sup>。人为因素主要是化石燃料的燃烧,自然因素主要有细菌、高等植物、低等微生物等现代生物有机质,这些有机污染物富集到一定程度,对人类及其生存的环境造成严重危害。太原市大气污染较为严重,对其污染有机质的组成及其来源的认识,已经受到政府部门的高度重视,我们对太原市大气颗粒物进行了系统采样,研究了其中有机质组分<sup>[2]</sup>。本文报道了正构烷烃的组成和分布特征及其单分子系列碳同位素的组成特征,并探讨了其来源。

## 1 样品的收集和实验方法

大气颗粒物于1998年2月和1998年7月用空气采样器收集,采样高度为8~11 m。采样地点是1#在太原市国防工办属太钢工业区;2#在太原市桃园四巷,属商业居民区;3#在太原市一电厂,属化工区;采样方法及样品分离方法与以前报道的相同<sup>[3]</sup>。

GC-MS分析条件为:使用HP5989A四极杆质谱仪,电离能70 eV,离子源温度250℃。色谱条件为HP5890,石英毛细柱长30 m,内径0.25 mm,柱温

70℃ $\frac{4^\circ\text{C}/\text{min}}$ 300℃,载气流速46 m/s,离子源温度250℃,GC-C-MS分析条件为:使用MAT252四极质谱仪,包括SP3400气相色谱仪、燃烧系统和MAT252同位素质谱仪,色谱柱SE54,柱长25 m,内径0.2 mm,柱温70℃ $\frac{3^\circ\text{C}/\text{min}}$ 140℃ $\frac{1.5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 150℃ $\frac{2.5^\circ\text{C}/\text{min}}$ 90℃。

## 2 结果与讨论

### 2.1 饱和烃碳数分布特征

图1是太原市区样品中饱和烃的GC-MS总离子流图。从图1可知,太原市不同的功能区正构烷烃碳数分布为C<sub>14</sub>—C<sub>32</sub>,且低碳数正构烷烃丰变低,高碳数正构烷烃特征存在着一定差异。主要特征为:(1)取暖期从低碳数到高碳数呈中间高峰区和两头峰低的正态分布。非取暖期由C<sub>14</sub>—C<sub>21</sub>为正态分布峰群,由C<sub>21</sub>—C<sub>32</sub>为另一正态分布峰群,即呈双峰群分布;(2)非取暖期从C<sub>26</sub>以后高碳数组合中,奇碳数优势较为明显,取暖期奇碳数优势不明显。(3)取暖期主峰碳数在C<sub>23</sub>,非取暖期主峰碳数在C<sub>29</sub>。这种分布特征反映了它的来源略有不同。

<sup>①</sup> 山西省青年科学基金资助项目(编号971011)  
收稿日期:1999-04-06

2.2 CPI 值

Simoneit 曾对城市与郊区大气飘尘中正构烷烃的研究认为<sup>[4]</sup>,CPI≈1 时,大气飘尘中的污染物主要来源于化石燃料燃烧后的产物;CPI>1 时,则污

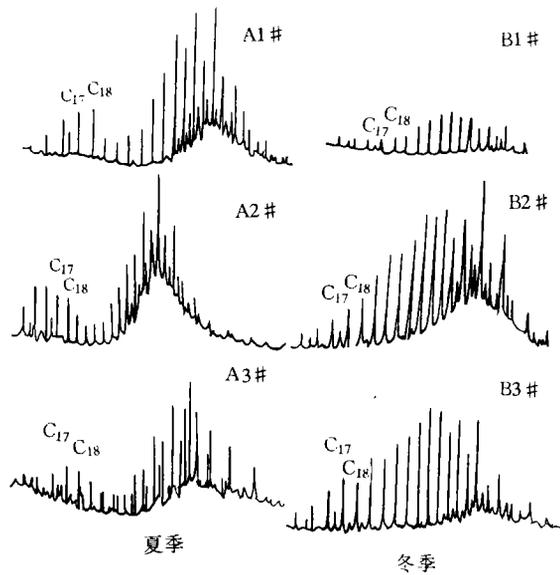


图1 各种样品的总离子流图

Fig.1 The GC spectrum of saturated hydrocarbons in the samples

染物主要来源于高等植物蜡、细菌等现代生物有机质。故 CPI 值的大小可以作为大气飘尘中有机污染物来源的一项指标。由表 1 所示,太原市大气颗粒物中正构烷烃的 CPI 值大于 1,夏季总体略高于冬季。但是大气颗粒物中正构烷烃 CPI 值与烟尘样品的 1.05 相近。这种分布特征反映了太原市大气颗粒物中正构烷烃主要来源于化石燃料燃烧产物,只有极少部分是来源于高等植物、细菌现代生物有机质。

2.3 主峰碳数(C<sub>max</sub>)

由表 1 看出,太原市冬季样品主峰碳数为 C<sub>23</sub>,夏季样品主峰碳数为 C<sub>29</sub>。表明冬季样品主峰碳数较低。正构烷烃主峰碳数一般作为有机质来源和成熟度的标志,成熟度高的有机质有较低的主峰碳数,成熟度低的有机质则具有较高的主峰碳数。人类使用的化石燃料一般成熟度较高,应有较低的主峰碳数,而高等植物现代有机物的正构烷烃则以高主峰碳数为特征。由此说明冬季太原市的主要有机质污染物来源于化石燃料燃烧产物,而夏季有极少部分来源于现代生物。

2.4 正构烷烃单分子系列碳同位素组成特征

将太原市太钢工业区、桃园四巷居民区、化肥厂化工区大气颗粒物中正构烷烃用 GC-C-MS 仪测定其烃类单分子碳同位素组成所获结果绘制成图 2。从图中可以看出,各地区碳同位素组成存在一定的差别:太钢工业区碳同位素组成平均集中在-22.6‰,富集较重的碳同位素;桃园四巷商业居民区同位素组成平均为-27.9‰,化肥厂化工区同位素组成平均集中在-32.9‰,相对富集较轻的碳同位素组成。碳同位素这种组成特征可能与其来源有一定的关系。太钢工业区由于工业生产各种燃料的使用,其中煤的燃烧是主要的排放源,煤富集较重的碳同位素组成,经过燃烧后,排放的烟尘也同样富集较重的碳同位素组成<sup>[5]</sup>,加之太钢地处北城区,污染物扩散能力差,故重碳同位素易富集,从而使正构烷烃的单分子组成较重。桃园四巷商业居民区,由于污染源极为复杂,有各种污染途径,其单分子系列碳同位素居中为-27.9‰,表明污染物来源较为复杂,除了烟煤污染外,还有各种居民生活带来的污染,使其碳同位素曲线特征表现为 nC<sub>24</sub>以后变轻。同时说明机动车尾气输入成份也较重<sup>[6]</sup>。一电厂化工区样品富集较轻的碳同位素组成,主要是由于一电厂化工区位于郊区,较为开阔,除化肥生产产生的污染物外,还叠加了各种高等植物等现代有机质。

表 1 饱和烃样品的各种参数表

Table 1 Various parameters of saturated hydrocarbons in the samples

项目	取暖期			非取暖期			烟尘
	太钢	桃园	电厂	太钢	桃园	电厂	
CPI	1.04	1.05	1.04	1.03	1.06	1.09	1.05
C <sub>max</sub>	23	23	24	29	29	29	25

CPI 为 C<sub>23</sub>-C<sub>32</sub>之间所有奇碳数浓度与偶碳数浓度和之比。

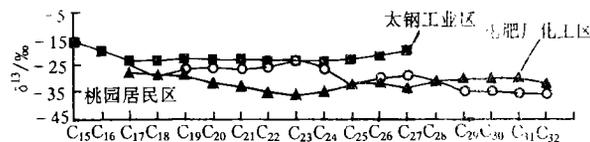


图 2 样品中正构烷烃单分子系列碳同位素组成分布

Fig.2 Carbon isotopic characteristics of individual n-alkanes in the studied samples

## 2.5 正构烷烃来源探讨

从图1、图2和表1的数据特征分析可知,太原市冬季样品污染物主要来源于化石燃料、粉尘及其燃烧产物。这主要是由于冬季取暖燃烧、工业生产用煤和煤矿生产造成的,并且太原市冬季受逆温影响较大,空气稳定度大,市区空气不易与郊区、边缘农村的空气交换;同时冬季细菌活动较小,高等植物等现代有机质进入大气少。夏季样品中有机质污染物的来源,除主要为化石燃料外,还有极少部分细菌、高等植物等现代有机物,这主要由于夏季逆温现象较小,空气稳定度小。郊区、农村等地的空气易向城市扩散,使高等植物等现代有机物被运输至市区,使正构烷烃的分布特征相差不大。总之,太原市整体有机污染受化石燃料燃烧残余物影响较为严重,只有夏季有极少部分自然污染源。

## 3 结论

对太原市大气颗粒物中正构烷烃的研究表明,太原市大气颗粒物中正构烷烃的分布特征在冬夏两季明显不同,但在不同的功能区差异性不大。太原市整体有机污染物主要来源于人为使用的化石燃料燃烧产物,夏季有极少部分的有机污染物是来源于自

然的污染源。正构烷烃的单分子系列碳同位素组成,各功能区有明显的差异性,说明太原市整体污染受煤的污染外,还在各功能区各种污染源的贡献率不同。即:太钢工业区主要受煤的污染较为严重,桃园四巷商业居民区污染成份复杂,有煤的燃烧产物和汽车尾气排放。一电厂化工区的污染物主要为化工污染煤的燃烧以及郊区的现代高等有机质污染。

## 参 考 文 献

- 1 Duce R A. Speculation on the budget of particulate and vapour phase non-methane organic carbon in global troposphere[J]. Pure Appl. Geophysics 1978,116:244~273
- 2 彭林. 太原市大气颗粒物中有机物浓度的分布特征[J]. 沉积学报,1999,17(4)
- 3 彭林等. 兰州市大气飘尘中有机物浓度的变化及其分布特征[J]. 沉积学报,1996,14(1):156~161
- 4 Simoneit B R T. Organic matter of the troposphere- II. Characterization and sources of petroleum and pyrogenic residues in aerosols from the Western United States[J]. Atmosph. Environ. 1984,18: 323-337
- 5 彭林. 利用正构烷烃单分子系列碳同位素组成对太原市大气污染源的探讨[J]. 沉积学报,1999,18(1):159
- 6 成玉. 气态烃中正构烷烃单分子化合物稳定碳同位素分布特征初步研究[J]. 环境科学,1993,19(2):12~15

## Distribution Features of Alkanes in TSP of Taiyuan City and Its Environmental Significance

PENG Ling<sup>1</sup> TIAN Jian-ming CHEN Ming-liang<sup>2</sup> DUAN Yi<sup>3</sup>

1(Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024)

2(Chemical Industry section, Taiyuan Metallurgical Industrial School, Taiyuan, 030024)

3(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

### Abstract

An analysis is made about alkanes in TSP in Taiyuan city by GC-MS and GC-C-MS. The result shows the following distribution features of alkanes in TSP: There is an apparent difference between winter and summer, i. e. distribution feature in winter takes the form of single-peak-group normal distribution, from lower carbon numbers to higher carbon numbers, high peak zone in the middle and lower peak zones of two ends. The maximum carbon number is C<sub>23</sub>. Starting from C<sub>26</sub>, odd-number carbon superiority is not apparent. During the non-heating period the feature of alkane distribution: a normal distribution peak group from lower carbon numbers to higher carbon numbers, i. e. C<sub>24</sub>~C<sub>21</sub>; from C<sub>21</sub>~C<sub>22</sub>, another normal distribution peak group takes the form of twin-peak group distribution, having maximum carbon number at the highest peak C<sub>29</sub>. After C<sub>26</sub> odd-number superiority is relatively apparent. There is sharp difference between different functional zones constituted by an alkane series carbon isotopes, i. e. industrial area of Taiyuan steel—22.6%,

commercial residential area of Taiuan No. 4 lane — 27.9%, chemical industrial area of chemical fertilizer plant — 32.98%. The above distribution feature is closely related to the source of pollutants.

The pollutants in the heating period mainly come from fossil fuels, dust and the products from combustion. The situation is mainly due to coal for winter heating, coal for industrial production consumption and coal mine production. Besides, Taiyuan city's affection by winter's reverse temperature is comparatively big. The air stability is big. The air exchange between the down town and the outskirts and the boundary villages is difficult. Besides, the germs in winter are not so active and a few of the current organic matters such as high-class plants, etc. enter atmosphere. The source of organic pollutants taken from the samples in summer, except for mainly from fossil fuels, few from germs and current organic matter, e. g. High-class plants, the main reason is that in summer reverse temperature phenomea relatively small and the air stability gets smaller. It is easy for the air in outskirts and villages to disperse towards the city to make the curret organic matters such as high-class plants, etc. Be transported to down town and to make the different functional areas of alkanes distribution have less difference. Ralatively speaking, the organic pollution in Taiyuan city on the whole is severely influenced by the residues coming from combusted fossil fuels, it is only in summer that a few natural pollution sources exist. Concretely speaking, in different functional area: The industrial area of Taiyuan steel is mainly polluted by coal. the pollution constituents in the residential area in Taiyuan No. 4 lane is complex, i. e. products from combusted coal automobile tail-gas exhaustion and flying dust drained from daily life. The pollutants in the chemical industrial area of No. 1 power plant mainly come from chemical pollution, coal combustion and current high-class organic matters in the outskirts.

**Key words** TSP alkane source of pollutant