文章编号: 1001-0580(2009)04-0431-02　中图分类号: X 511　文献标志码: A　【论　著】

北京市大气颗粒物中多环芳烃及碳元素分析*

崔蓉,郭新彪,邓芙蓉,刘红

摘　要: 目的　了解大气颗粒物 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中多环芳烃及有机碳、元素碳的污染特征。**方法**　2006年 6月 16～18日和 6月 20～22日于北京市城区设置采样点,采集大气颗粒物 $PM_{2.5}$与 PM_{10},并对其中的 17种多环芳烃及有机碳、元素碳进行了分析。**结果**　$PM_{2.5}$与 PM_{10}中多环芳烃的平均质量浓度分别为 0.011～2.846和 0.013～4.415 ng/m^3; $PM_{2.5}$与 PM_{10}中有机碳和元素碳的平均质量浓度分别为 28.56, 8.75 μg/m^{3}和 41.14, 15.43 μg/m^3。**结论**　采样时间内,4环和 5环多环芳烃是 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中 17种多环芳烃的主要成分;含碳组分在 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中所占比例相当,碳仍然是 2种粒子中的主要成分之一。

关键词:大气颗粒物;多环芳烃;有机碳;元素碳

Analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons, organic carbon and element carbon in air particulate matter in Beijing

CUI Rong, GUO Xin-biao, DENG Fu-rong, et al. Department of Occupational and Environmental Health Sciences, School of Public Health, Peking University (Beijing 100191, China)

Abstract: Objective　To investigate the pollution characteristics of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs), organic carbon (OC) and element carbon (EC) in $PM_{2.5}$ and PM_{10}. **Methods**　The $PM_{2.5}$ and PM10 samples collected from June 16 to 18 and from June 20 to 22 of 2006 in Beijing were measured and 17 kinds of polycyclic aromatic hydrocarbons, organic carbon and element carbon were analyzed. **Results**　The average mass concentrations of PAHs in $PM_{2.5}$ and PM_{10} were 0.011 - 2.846 ng/m^3 and 0.013 - 4.415 ng/m^3, respectively. The average mass concentrations of OC and EC were 28.56 μg/m^3, 8.75 μg/m^3 and 41.14 μg/m^3, 15.43 μg/m^3 in $PM_{2.5}$ and PM_{10}, respectively. **Conclusion**　In $PM_{2.5}$ and PM_{10}, 4 to 5 rings PAHs were the main components of 17 kinds of PAHs, and the total concentration of OC and EC accounted for the similar percentage. Carbon was one of the main components of $PM_{2.5}$ and PM_{10} in the air sample in Beijing.

Key words: air particulate matter; polycyclic aromatic hydrocarbons; organic carbon; element carbon

多项研究成果证实,大气颗粒物 $PM_{2.5}$与 PM_{10}可对人体健康产生不良影响,且 $PM_{2.5}$的毒性大于 PM_{10},其毒性的差异主要可归结为其理化组成及其在人体内分布特征的不同[1-4]。大气颗粒物中吸附的多环芳烃 (PAHs)因其具有致癌、致畸和致突变性而倍受关注。碳是大气颗粒物中富含的主要元素之一,在大气颗粒物中主要以有机碳 (OC)和元素碳 (EC)的形式存在。为了解 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中多环芳烃及有机碳、元素碳的含量、组成及分布特征,于 2006年 6月在北京市城区设置采样点,采集大气颗粒物 $PM_{2.5}$与 PM_{10},对其中的 17种多环芳烃及有机碳、元素碳进行了分析。现将结果报告如下。

1　材料与方法

1.1　采样点　设于北京市城区,采样器距地面约 15 m,采样点西面毗邻学院路,北面靠近北四环路,交通流量较大。

1.2　采样时间　分别于 2006年 6月 16日～2006年 6月 18日和 2006年 6月 20日～2006年 6月 22日,采用 MODEL - 120A大容量采样器 (日本纪本电子工业株式会社)和 TH - 1000大容量采样器 (武汉市天虹智能仪表厂)同时采集 PM_{10}和 $PM_{2.5}$样品,流量分别为 1.2和 1.05 m^3/min。

1.3　采样膜　采用 20 cm ×25 cm QR - 100石英滤膜 (日本东洋滤纸株式会社)采集大气颗粒物 $PM_{2.5}$和 PM_{10}。滤膜采样前置于马弗炉中 600 ℃灼烧 2 h,以去除可能存在的有机物。采样前后,滤膜在相同条件下于干燥器中平衡 24 h后称重,采样后的滤膜于 - 20 ℃保存至分析。根据采样前、后滤膜的质量差和采样体积计算颗粒物的质量浓度。

1.4　气象条件　采样时间内,日平均气温为 28.2 ℃,日平均相对湿度为 38%,日平均风速为 2.6 m/s。

1.5　样品分析　从上述已采集了 $PM_{2.5}$与 PM_{10}样品的同一石英滤膜上分别取部分滤膜用于理化分析。采用 THERMO - Finnigan Trace DSQ气相色谱 - 质谱联用仪 (GC/MS)测定 $PM_{2.5}$和 PM_{10}样品中茚并芘、苯并 [g, h, i]苝、二苯并蒽、晕苯、苊、萘、芴、菲、蒽、荧蒽、芘、苯并 [a]蒽、䓛、苯并 [b]荧蒽、苯并 [k]荧蒽、苯并 [a]芘、苯并 [e]芘共 17种多环芳烃的含量;采用热/光吸收法测定 $PM_{2.5}$与 PM_{10}样品中有机碳和元素碳的含量。

2　结　果

2.1　大气颗粒物中 17种多环芳烃的平均质量浓度 (表 1)　表 1所示,$PM_{2.5}$中䓛、芘、荧蒽、苯并 [k]荧蒽、苯并 [b]荧蒽、苯并 [e]芘和苯并 [g, h, i]苝的浓度较高 (高于 1 ng/m^3),分别占多环芳烃总浓度的 22.1%, 11.2%, 11.0%, 10.8%, 9.4%8.8%和 8.1%,浓度之和占多环芳烃总浓度的 81.4%;苊的浓度最低,仅占多环芳烃总浓度的 0.094%;与 $PM_{2.5}$相似,PM_{10}中䓛的浓度最高,约为芘和荧蒽浓度的 2倍,占多环芳烃总浓度的 23.8%;芘和荧蒽的浓度相当,分别占多环芳烃总浓度的 12.5%和 11.8%;其次,为苯并 [k]荧蒽、苯并 [g, h, i]苝、苯并 [b]荧蒽和苯并 [e]芘,浓度均高于 1 ng/m^3,分别占多环芳烃总浓度的 8.8%, 8.6%, 8.2%和 7.1%,上述 7种多环芳烃浓度之和占多环芳烃总浓度的 80.8%;与 $PM_{2.5}$相同,PM_{10}中浓度最低的为苊,占多环芳烃总浓度的

*基金项目: 国家自然科学基金 (30571534);国家科学技术部"十一五"支撑计划 (2006BAI19B06)
作者单位: 北京大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系,北京 100191
作者简介: 崔蓉 (1967 -),女,北京人,副教授,硕士,主要从事理化分析。
通讯作者: 郭新彪

中国公共卫生 CPH

0.079%。低环的多环芳烃中,菲为主要成分,$PM_{2.5}$与 PM_{10}中菲的浓度分别占 2环 ～3环多环芳烃总浓度的 82.8%和 87.3%。

表 1 大气颗粒物中 17种多环芳烃的平均质量浓度(ng/m³)

多环芳烃	环数	$PM_{2.5}$	PM_{10}	$PM_{2.5}/PM_{10}$(%)
茚并芘	6	0.378	0.582	64.9
苯并[g, h, i]苝	6	1.024	1.611	63.6
二苯并蒽	5	0.172	0.268	64.2
晕苯	7	0.283	0.502	56.4
苊	3	0.011	0.013	84.6
萘	2	0.026	0.017	152.9
芴	3	0.012	0.017	70.6
菲	3	0.536	0.827	64.8
蒽	3	0.061	0.073	83.6
荧蒽	4	1.338	2.073	64.5
芘	4	1.362	2.203	61.8
苯并[a]蒽	4	0.479	0.751	63.8
䓛	4	2.846	4.415	64.5
苯并[b]荧蒽	5	1.202	1.559	77.1
苯并[k]荧蒽	5	1.392	1.655	84.1
苯并[e]芘	5	1.109	1.335	83.1
苯并[a]芘	5	0.365	0.416	87.7
多环芳烃总浓度		12.596	18.317	68.8

2.2 大气颗粒物中多环芳烃的组成与分布 结果表明,$PM_{2.5}$中已测定的 17种多环芳烃中,4环和 5环多环芳烃含量较高,分别占多环芳烃总浓度的 48.0%和 33.1%,二者浓度之和占多环芳烃总浓度的 81.1%,其次为 6环、3环、7环和 2环多环芳烃,分别占多环芳烃总浓度的 11.1%,5.4%,2.2%和 0.2%;高、中、低环多环芳烃在 PM_{10}中的浓度高低顺序与 $PM_{2.5}$一致,PM_{10}中 4环多环芳烃浓度最高,占多环芳烃总浓度的 52.2%;5环多环芳烃次之,占多环芳烃总浓度的 27.8%;6环、3环、7环和 2环多环芳烃含量较低,分别占多环芳烃总浓度的 11.7%,5.5%,2.7%和 0.1%。结果显示,不同环数的多环芳烃在 $PM_{2.5}$和 PM_{10}中的分布特征较为相似。

2.3 大气颗粒物中有机碳与元素碳的平均质量浓度 采样时间内,$PM_{2.5}$与 PM_{10}中 OC与 EC的平均质量浓度分别为 28.56,8.75和 41.14,15.43μg/m³,分别占 $PM_{2.5}$与 PM_{10}质量浓度的 11.9%,3.7%和 11.6%,4.4%;总碳(TC=OC+EC)分别占 $PM_{2.5}$与 PM_{10}质量浓度的 15.6%和 16.1%。$PM_{2.5}$与 PM_{10}中,OC分别占 TC的 76.6%和 72.7%。结果显示,$PM_{2.5}$与 PM_{10}中 OC与 EC的分配比例相似。有机碳、元素碳及总碳在 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中的比值分别为 69.4%,56.7%和 66.0%。结果表明,含碳组分在细粒子中相对富集更多一些。

3 讨 论

研究表明,较高浓度的低环多环芳烃可能源自使用油、煤气、木材烹饪造成的污染[5]。本研究结果中,䓛、荧蒽、芘和菲的浓度较高,提示家庭烹饪可能为多环芳烃的来源之一。$PM_{2.5}$和 PM_{10}中荧蒽与(荧蒽+芘)的比值分别为 0.49～0.50和 0.48～0.49;茚并芘与苯并[g, h, i]苝的比值分别为 0.33～0.39和 0.33～0.38。提示,机动车尾气也是造成采样时间内多环芳烃排放的污染源之一[6,7]。

研究显示,非采暖期大气颗粒物上吸附的多环芳烃浓度随着温度的升高而降低[8]。同时,有研究证实,交通干道的大气颗粒物浓度较高,而多环芳烃类化合物的浓度相对较低[9]。本研究设置的采样点靠近北四环路交通流量较大。因此,$PM_{2.5}$与 PM_{10}中多环芳烃总浓度和苯并[a]芘浓度相对较低可能与采样时段内夏季的高温及临近交通干道等有关。

研究证实,EC浓度较高时,可对大气能见度产生不利影响[10],且 EC可吸附多种污染物。本研究结果中,EC在 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中所占比例低于 5%,浓度相对较低。提示,采样时间内,EC造成的污染程度相对较轻;$PM_{2.5}$与 PM_{10}中 OC与 EC的比值,分别为 2.3～4.2和 2.1～3.2,均 >2,有二次有机气溶胶的生成[11]。若以 1.4倍 OC含量估算颗粒物中有机物含量,采样时间内,有机物含量分别占 $PM_{2.5}$与 PM_{10}质量浓度的 16.7%和 16.3%。结果表明,有机物仍然是 $PM_{2.5}$与 PM_{10}的重要组成部分,含碳组分在 $PM_{2.5}$与 PM_{10}中所占比例相当,是 2种粒子的主要成分之一。

参考文献

〔1〕林治卿,龚著革,杨丹凤,等.采暖期大气中不同粒径颗粒物污染及其重金属分布状况[J].环境与健康杂志,2005,22(1):33-34.

〔2〕时宗波,邵龙义,T P Jones,等.城市大气可吸入颗粒物对质粒 DNA的氧化性损伤[J].科学通报,2004,49(7):673-678.

〔3〕黄雪莲,金昱,郭新彪.沙尘暴 $PM_{2.5}$、PM_{10}对大鼠肺泡巨噬细胞炎性因子分泌的影响[J].环境与健康杂志,2004,21(1):38-40.

〔4〕高竹,郭新彪.大气 PM_{10}与 $PM_{2.5}$的健康效应比较[J].中国卫生工程学,2006,5(1):52-55.

〔5〕刘颐亭,邓顺熙,潘华.西安市冬季大气颗粒物中多环芳烃的分布特征[J].安全与环境学报,2007,7(1):67-70.

〔6〕于国光,王铁冠,关大鹏,等.北京市大气气溶胶中多环芳烃的研究[J].中国矿业大学学报,2008,37(1):72-78.

〔7〕朱先磊,刘维立,卢妍妍,等.燃煤烟尘多环芳烃成分谱特征的研究[J].环境科学研究,2001,14(1):4-8.

〔8〕张迪瀚,马永亮,贺克斌,等.北京大气颗粒物中多环芳烃(PAHs)污染特征[J].环境科学,2006,27(7):1269-1275.

〔9〕朴丰源,段志文,张玉敏,等.东北某市大气颗粒物质和多环芳烃类化合物的浓度及其致突变性[J].癌变·畸变·突变,2007,19(2):143-145.

〔10〕唐小玲,毕新慧,陈颖军,等.不同粒径大气颗粒物中有机碳(OC)和元素碳(EC)的分布[J].环境科学研究,2006,19(1):104-108.

〔11〕于建华,虞统,杨晓光,等.北京冬季 $PM_{2.5}$中元素碳、有机碳的污染特征[J].环境科学研究,2004,17(1):48-50.

收稿日期:2008-07-21 (宋艳萍编辑 潘雯校对)