

重庆三大城区夏季PM_{2.5}中有机碳和元素碳的污染特征

彭超^{1,3}, 田密², 翟崇治^{1,3}, 余家燕³, 杨复沫², 王欢博², 许丽萍³, 钟杰³

1. 重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067
2. 中国科学院重庆绿色智能技术研究院水库水环境重点实验室, 重庆 400714
3. 重庆市环境监测中心, 城市大气环境综合观测与污染防治重庆市重点实验室, 重庆 401147

摘要 以重庆市渝北区、南岸区和渝中区3个主要城区为研究对象,采集夏季PM_{2.5}样品,应用DRI Model 2001A热/光分析仪,采用IMPROVE-TOR方法测定了PM_{2.5}中有机碳(OC)和元素碳(EC)含量,并对3地的OC、EC污染特征进行了评价,探讨了PM_{2.5}中含碳物质的来源。结果表明,南岸区OC、EC质量浓度分别为(5.8±1.5)、(2.5±0.8) μg·m⁻³,低于渝北区((8.9±3.2)、(4.2±1.6) μg·m⁻³)和渝中区((8.8±2.2)、(4.6±1.3) μg·m⁻³),与PM_{2.5}质量浓度的分布一致,表明渝北区和渝中区的含碳污染物的排放可能较为严重。渝北区、南岸区和渝中区的OC与EC均显著正相关,表明三大城区OC和EC可能分别具有相似的一次污染源。排除降雨天和O₃浓度较高的晴天,利用m(OC)/m(EC)比值法对渝北区、南岸区、渝中区二次有机碳(SOC)进行估算,SOC质量浓度分别为(2.0±1.8)、(1.0±0.7)、(2.3±2.0) μg·m⁻³,占OC比例均低于30%。渝中区SOC对OC的贡献率最高,这可能是因为该地区易于形成城市热岛效应,且热量和辐射效应更加明显,有助于SOC的生成。通过计算PM_{2.5}中8个碳组分丰度,初步判断机动车尾气排放可能是三大城区碳质组分的主要来源。

关键词 PM_{2.5};有机碳;元素碳;热光反射法;夏季

中图分类号 X513

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2015.06.002

Characterization of organic carbon and elemental carbon in PM_{2.5} during summer in Chongqing, China

PENG Chao^{1,3}, TIAN Mi², ZHAI Chongzhi^{1,3}, YU Jiayan³, YANG Fumo², WANG Huanbo², XU Liping³, ZHONG Jie³

1. School of Environment and Biological Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China
2. Key Laboratory of Reservoir Aquatic Environment, Chongqing Institutes of Green and Intelligent Technology, Chinese Academy of Sciences, Chongqing 400714, China
3. Chongqing Key Laboratory of Urban Atmospheric Environment Integrated Observation & Pollution Prevention and Control, Chongqing Environmental Monitor Center, Chongqing 401147, China

Abstract PM_{2.5} samples were collected at three sites located in Yubei, Nan'an and Yuzhong in Chongqing during the summer of 2014. The concentrations of organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) were analyzed with a DRI model 2001A thermal optical carbon analyzer using the IMPROVE-TOR protocol. The pollution characteristics of OC and EC at these sites were evaluated, and the sources of carbonaceous materials in PM_{2.5} were investigated. The average concentrations of OC and EC were (5.8±1.5) and (2.5±0.8)

收稿日期:2015-01-09;修回日期:2015-02-10

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41375123);中国科学院重点部署项目(KJZD-EW-TZ-G06-04);重庆市科学技术委员会项目(cstc2014yyk-fc20003,cstc2013jcsf20001);国家环境保护大气复合污染来源与控制重点实验室开放基金项目(SCAPC201310)

作者简介:彭超,硕士研究生,研究方向为大气复合污染,电子信箱:pengchao@cigit.ac.cn;翟崇治(通信作者),教授级高级工程师,研究方向为大气环境,电子信箱:czz66818@sina.com

引用格式:彭超,田密,翟崇治,等.重庆三大城区夏季PM_{2.5}中有机碳和元素碳的污染特征[J].科技导报,2015,33(6):20-26.

$\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ in Nan'an, lower than those in Yubei (8.9 ± 3.2) and (4.2 ± 1.6) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) and Yuzhong (8.8 ± 2.2) and (4.6 ± 1.3) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). This is consistent with the concentration distribution of $\text{PM}_{2.5}$, suggesting that the emissions of carbon may be more serious in Yubei and Yuzhong. Concentrations of OC and EC in $\text{PM}_{2.5}$ were found to be significantly correlated in Yubei, Nan'an and Yuzhong, suggesting that they may have similar primary sources. For Yubei, Nan'an and Yuzhong, the concentrations of second organic carbon were estimated as (2.0 ± 1.8), (1.0 ± 0.7) and (2.3 ± 2.0) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ by OC/EC ratio method during days without rain and high concentration of O_3 . The ratios of second organic carbon (SOC) in organic carbon (OC) were lower than 30%. The contribution of SOC to total OC was the highest in Yuzhong. This was possibly due to the formation of the urban heat island effect and the obviousness of the heat and radiation effect, which are beneficial to SOC generation through photochemical reaction. By calculating and analyzing the abundances of eight carbon components in $\text{PM}_{2.5}$, it is indicated that motor vehicle emissions are the major sources of carbon components at the three sites.

Keywords $\text{PM}_{2.5}$; organic carbon; elemental carbon; thermal optical reflection; summer

有机碳(organic carbon, OC)和元素碳(elemental carbon, EC)是大气气溶胶的重要组成成分,且主要集中在小于等于 $2.5\ \mu\text{m}$ 的细颗粒物中,对人体健康、环境质量、能见度、全球气候变暖等有重要影响^[1,2]。OC是指脂肪族、芳香族等多种有机化合物,既包括污染源直接排放的一次有机碳(POC),也包括经复杂反应生成的二次有机碳(SOC)^[3,4]。EC是指生物质或化石燃料不完全燃烧直接排放的以单质状态存在的碳,其化学性质稳定。

国外从20世纪70年代开始研究OC和EC,目前国际上大型气溶胶实验都将碳质组分作为重要的研究内容^[5-7]。研究发现,碳质气溶胶是城市大气气溶胶的主要组分,约占20%~90%^[8]。Ram等^[9]研究表明,印度Kanpur城区的碳质气溶胶占 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度的50%。国内对于碳质组分的研究起步相对较晚,目前主要集中在东部地区的大城市^[10-13],而对位于西部的重庆,相关方面的研究开展较少。重庆作为中国的西部重工业城市、长江上游地区经济中心,其交通运输、钢铁等产业发展迅速,加上四周高山屏蔽、静风频率高、湿度大、日照少等特点,不利于大气颗粒物的扩散,其城市大气污染

问题日趋严重。本文以重庆渝北区、南岸区和渝中区为研究对象,分析 $\text{PM}_{2.5}$ 中OC和EC的浓度水平和污染特征。

1 材料与方法

1.1 样品采集与处理

采样地点设置在重庆市渝北区、南岸区和渝中区3个主要城区,3个采样点的详细描述见表1。采样时间为2014年7月1—30日,每天连续采样23 h,共收集样品86个,采样仪器为Partisol 2000i颗粒物采样器,采样流量为16.7 L/min,所用滤膜为石英纤维滤膜(Whatman, $\Phi 47\ \text{mm}$)。采集期间,气象参数详见表2。同期也对大气中的常规气态污染物也进行了连续在线监测,监测仪器为美国热电系列分析仪。采样前将滤膜置于600℃的马弗炉中焙烧5 h,以消除挥发组分对分析的影响。采样前后样品均在恒温恒湿条件下(20℃,相对湿度50%)放置24 h至基本恒重,再采用电子分析天平(Sartorius ME 5-F)称重获得 $\text{PM}_{2.5}$ 质量,精度为0.001 mg,称量完成后将样品密封保存在2℃下。

表1 采样点的具体描述

Table 1 Specific descriptions of sampling sites

采样点	采样位置	经度/(°E)	纬度/(°N)	采样高度/m	站位描述
渝北区	渝北超级站	106.50	29.62	约20	属商业区,附近有多个在建工地,南侧约200 m为内环快速路,西侧约200 m为主干道黄杨路
南岸区	南坪子站	106.58	29.51	约21	属文教居民混合区,周围为学校食堂,常年植被茂盛,西南侧约100 m为在建工地
渝中区	解放碑子站	106.57	29.56	约15	属居商混合区,北侧约10 m为嘉陵江,南侧约30 m为主干道临江路,西南侧约100 m为道路交叉路口

表2 采样期间气象参数

Table 2 Meteorological parameters during sampling

站名	气温/°C	相对湿度/%	天气情况描述
渝北超级站	29.6±3.7	23.7±6.1	7月1—3日、9—10日小雨,7月11—14日大雨,7月4—8日、15日—30日晴
南坪子站	30.0±3.8	23.0±13.3	
解放碑子站	31.4±3.9	25.8±14.2	

1.2 样品分析

本研究采用DRI Model 2001A型热光分析仪分析PM_{2.5}样品中碳质组分,分析方法为IMPROVE协议规定的热光反射法(TOR)^[14]。具体分析过程:从采集滤膜上截取0.512 cm²的样品,放入石英舟中送入仪器进行分析。首先,在纯氦气的环境下,分不同阶段在140℃(OC₁)、270℃(OC₂)、470℃(OC₃)和580℃(OC₄)下对样品逐步进行加热,将滤膜上的颗粒态碳转化为CO₂;其次,在氦/氧混合(98%He+2%O₂)环境下,分别于580℃(EC₁)、740℃(EC₂)和840℃(EC₃)对样品再次逐步加热,使样品中的EC也转化为CO₂^[15]。不同环境温度下产生的CO₂在还原炉中被还原成CH₄,由火焰离子化检测器定量检测。为检测出无氧加热下裂解碳(OP)的生成量,采用633 nm的He-Ne激光照射样品,定义光强回到初始光强的时刻为OC和EC的分割点。IMPROVE协议将总有机碳(TOC,即OC)定义为OC₁+OC₂+OC₃+OC₄+OP,总元素碳(TEC,即EC)定义为EC₁+EC₂+EC₃-OP。

2 结果与讨论

2.1 PM_{2.5}、OC和EC质量浓度特征

南岸区、渝北区和渝中区夏季PM_{2.5}的质量浓度,分别为(35.0±10.4)、(45.0±13.8)和(48.5±13.2) μg·m⁻³(表3),渝北区和渝中区PM_{2.5}质量浓度较高,这可能是受其附近的多条交通主干道影响。南岸区夏季PM_{2.5}中OC和EC质量浓度分别为(5.8±1.5)和(2.5±0.8) μg·m⁻³,低于渝北区((8.9±3.2)和4.2±1.6) μg·m⁻³、渝中区((8.8±2.2)和(4.6±1.3) μg·m⁻³),这与PM_{2.5}质量浓度的分布一致(表3)。由表3可见,渝北区、南岸区和渝中区的碳组分分别占PM_{2.5}质量的29.2%±5.5%、24.2%±6.5%和28.2%±5.5%,表明含碳组分是其PM_{2.5}的重要组分;其中,渝北区和渝中区均高于南岸区,这表明与文教居民混合区域相比,商业区和居商混合区域(重庆市中心地带)的碳污染排放可能更为严重,这与重庆、南京、上海等地区的相关研究结果一致^[12,16,17]。

表3 渝北区、南岸区、渝中区夏季PM_{2.5}中OC、EC平均质量浓度

Table 3 Average concentrations of OC, EC in PM_{2.5} during the summer in Yubei, Nan'an and Yuzhong

采样点	样品数	PM _{2.5} 质量浓度/ (μg·m ⁻³)	OC质量浓度/ (μg·m ⁻³)	EC质量浓度/ (μg·m ⁻³)	m(OC)/m (EC)	m(OC)/m(PM _{2.5})	m(EC)/m(PM _{2.5})
渝北区	29	45.0±13.8	8.9±3.2	4.2±1.6	2.2±0.4	19.9%±3.5%	9.3%±2.0%
南岸区	28	35.0±10.4	5.8±1.5	2.5±0.8	2.5±0.5	17.1%±4.3%	7.1%±2.2%
渝中区	29	48.5±13.2	8.8±2.2	4.6±1.3	2.0±0.4	18.4%±3.3%	9.8%±2.2%

2014年7月9—14日,渝北区、南岸区和渝中区PM_{2.5}及其OC和EC的质量浓度均处于较低水平,可能是受采样期间降雨天气的影响,使得空气中的部分污染物被雨水冲刷清除;随着降雨的结束,各地区的PM_{2.5}及OC和EC质量浓度逐步升高,并逐渐累积至峰值(图1)。其中渝北区PM_{2.5}的最高值及其OC和EC的峰值均出现在连续降雨天气结束的第2天(7月15日);南岸区和渝中区PM_{2.5}的最高值及其OC和EC的峰值均出现在7月16日。

利用后向轨迹模型(http://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php),分别对夏季渝北区、南岸区和渝中区发生污染物陡然降低时期的后向轨迹进行模拟(图2)。2014年7月17—20日,3城区的PM_{2.5}及OC和EC质量浓度均陡然降低;渝北区和渝中区PM_{2.5}及其OC和EC的极小值均出现在7月19日,南岸区PM_{2.5}的最小值出现在7月20日,OC和EC质量浓度也处于较低水平(图1)。期间,3城区的主要气团均来源于中国东南部海域,途径地处云贵高原的桂林、柳州和遵义,其在这一时期的日均空气质量等级均为优(<http://www.tianqihoubao.com/aqi/guilin-201407.html>, <http://www.tianqihoubao.com/aqi/liuzhou-201407.html>, <http://www.tianqihoubao.com/aqi/zunyi-201407.html>)。受该时段的东南风影响,来自东南海域的暖湿气流沿着云贵高原吹向内陆。故推测这一时期,来自东南海域的暖湿气流过境可能是3城区PM_{2.5}及OC和EC质量浓度陡

然降低的原因之一。

2.2 OC、EC、O₃、CO与NO的相关性及SOC估算

2.2.1 OC、EC、O₃、CO与NO的相关性

EC主要来源于燃烧过程的直接排放,因其相对比较稳定,通常被作为一次排放产生的OC的示踪物;通过OC与EC的相关性,可定性分析其污染来源,并初步判断来源的一致性和稳定性^[18-20]。由于CO和NO主要来源于机动车尾气,而高O₃天气有利于光化学反应的发生,因而OC、EC与O₃、CO、NO的相关性也可初步分析OC和EC的污染来源^[11]。

通过SPSS软件分析得出渝北区、南岸区和渝中区夏季O₃、CO、NO和OC、EC的相关性(表4)。其中渝北区和南岸区PM_{2.5}中OC与EC均显著正相关,表明两地OC和EC可能分别具有相似的一次污染源。

由表4可见,渝中区夏季PM_{2.5}中OC与EC显著正相关,且均与CO、NO显著正相关,表明渝中区夏季PM_{2.5}中OC和EC的一次污染源可能相近,或为机动车尾气,这与该采样点周边有多条交通主干道,且机动车流量较大的实际情况相符。渝中区O₃与OC显著正相关,表明其OC中可能存在通过光化学反应产生的SOC。这可能是由于采样点以北100 m为嘉陵江,以东1 km为长江,加之周边高楼密集、车流量大且环境温度较高等环境因素影响,导致该地区容易形成城市热岛效应,使得热量和辐射效应更明显,从而促使OC转化为SOC。

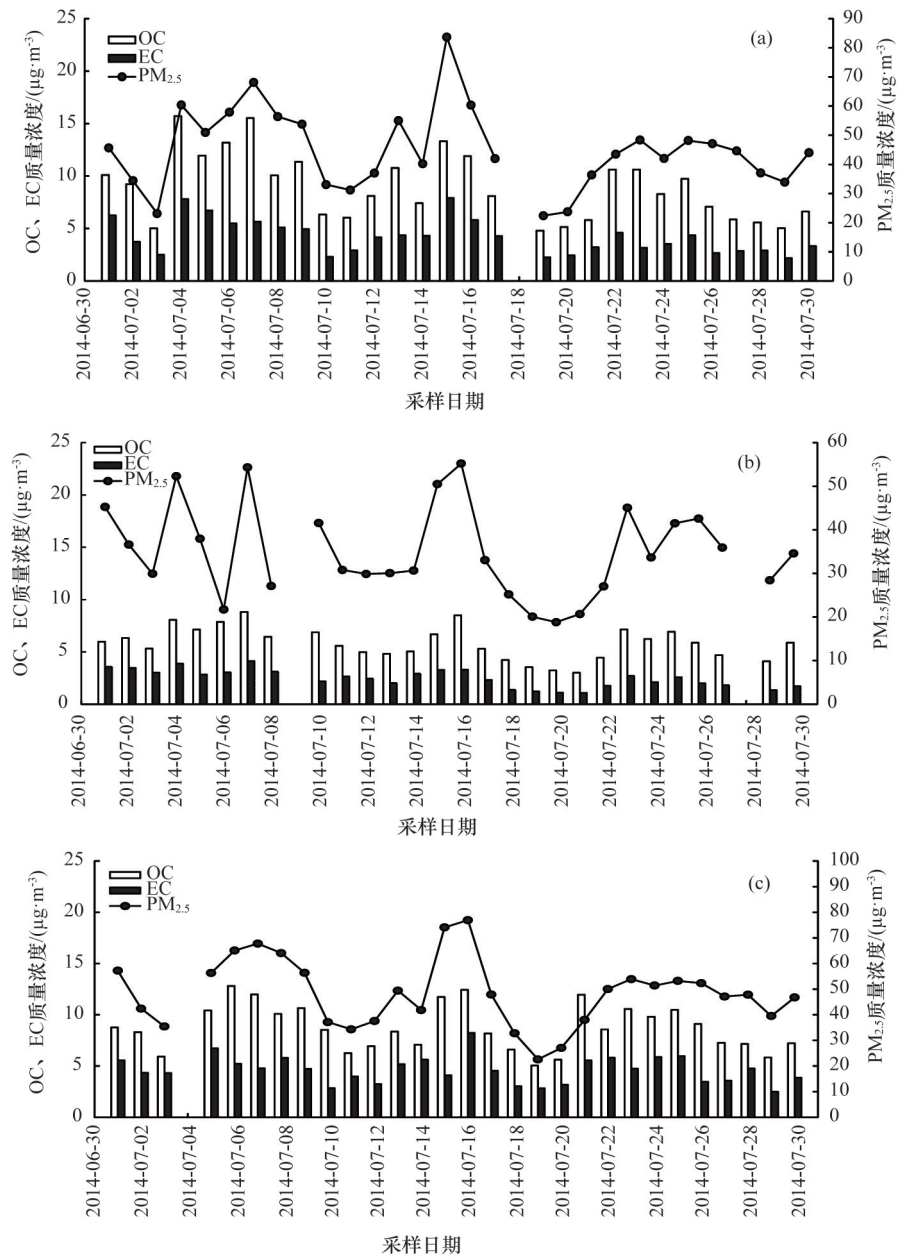


图1 渝北区(a)、南岸区(b)、渝中区(c)夏季PM_{2.5}、OC和EC的质量浓度

Fig. 1 Concentrations of PM_{2.5}, OC and EC during summer in Yubei (a), Nan'an (b) and Yuzhong (c)

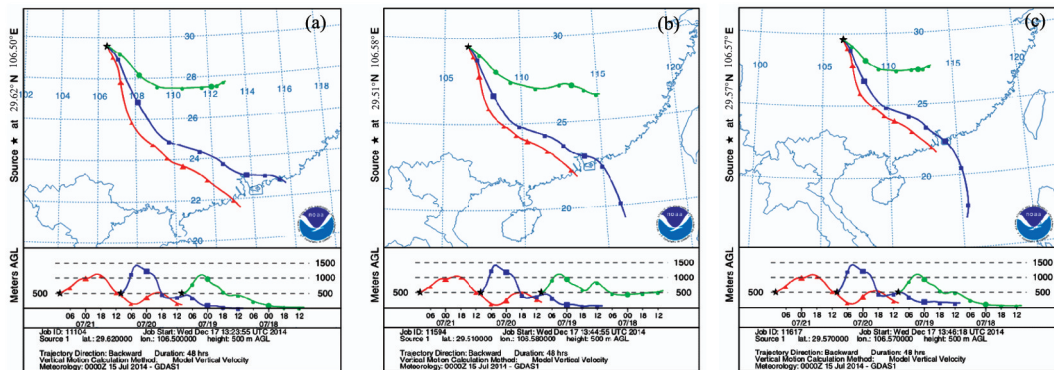


图2 渝北区(a)、南岸区(b)、渝中区(c)2014年7月21日(UTC 10:00)后向轨迹

Fig. 2 Backward and airmass trajectories passing over Yubei (a), Nan'an (b) and Yuzhong (c) on 21th of July, 2014

表4 渝北区、南岸区和渝中区 OC、EC 与 O₃、CO、NO 的相关性

Table 4 Correlations between OC, EC, O₃, CO and NO during summer in Yubei, Nan'an and Yuzhong

成分	渝北区(n=29)					南岸区(n=28)					渝中区(n=29)				
	OC	EC	O ₃	CO	NO	OC	EC	O ₃	CO	NO	OC	EC	O ₃	CO	NO
OC	1					1					1				
EC	0.88**	1				0.82**	1				0.64**	1			
O ₃	-0.21	-0.24	1			0.09	-0.04	1			0.56**	0.25	1		
CO	-0.11	-0.31	0.22	1		0.45**	0.56**	0.12	1		0.52**	0.58**	0.25	1	
NO	0.31	0.29	-0.33*	-0.11	1	0.39*	0.41*	-0.43**	0.40*	1	0.32*	0.35*	0.12	0.67**	1

注:*表示在0.01水平上显著相关;°表示在0.05水平上显著相关;n为样品个数。

2.2.2 OC/EC 比值和 SOC 的变化特征

OC 和 EC 的清除、OC 在空气中的转化以及污染源排放是影响 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 比值的 3 个主要因素^[21]。OC 比 EC 更易受气象条件影响,其中降水对水溶性 OC 的清除作用明显强于 EC^[9]。7 月 11—14 日,由于 3 城区连续降雨对水溶性 OC 的清除,使得 3 城区 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 值均较低,其中渝中区 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 的最小比值 ($[m(\text{OC})/m(\text{EC})]_{\min}=1.3$) 出现在 7 月 14 日(图 3)。

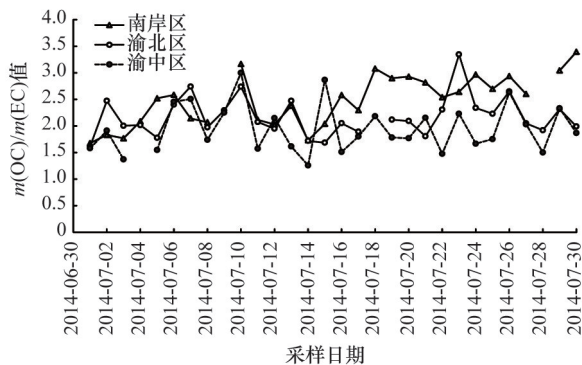


图3 渝北区、南岸区和渝中区夏季 PM_{2.5} 中 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 值
Fig. 3 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ ratios in PM_{2.5} during the summer in Yubei, Nan'an and Yuzhong

渝北区、南岸区和渝中区夏季 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 比值的 变化范围分别为 1.6~3.4、1.7~3.4 和 1.3~3.0,其均值分别为 2.2 ± 0.4 、 2.5 ± 0.5 和 2.0 ± 0.4 (图 3)。渝北区 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 比值略

高于渝中区,可能是因为渝北区超级站周边的建筑施工产生了大量的地面扬尘,使其 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 的比值较高 ($m(\text{OC})/m(\text{EC})=13.1$)^[22];同时,渝中区 PM_{2.5} 中 EC 的质量浓度较高,这也可能使其 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 比值较低。南岸区 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 比值较高(表 3),这可能是受其周边食堂的厨房烹饪 ($m(\text{OC})/m(\text{EC})=4.3\sim 7.7$) 和附近建筑施工产生的地面扬尘影响 ($m(\text{OC})/m(\text{EC})=13.1$)^[22,23];同时,该区域附近的 EC 污染源较少,且周围植被茂盛,而其夏季 PM_{2.5} 中部分 OC 也可能来源于附近植物释放的有机物,这也可能会使 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 比值较高^[22]。

Chow 等^[24]认为当 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 值超过 2 的时候,存在二次有机碳(SOC)。由 3 城区 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 均值可知,三地均可能存在二次污染。因此,可通过 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 最低比值法计算 SOC 的质量浓度^[25]:

$$\rho_{\text{SOC}} = \rho_{\text{OC}} - \rho_{\text{EC}} \cdot (m_{\text{OC}}/m_{\text{EC}})_{\min}$$

$$\rho_{\text{POC}} = \rho_{\text{EC}} \cdot (m_{\text{OC}}/m_{\text{EC}})_{\min}$$

其中, ρ_{POC} 为一次有机碳质量浓度。由于降雨对 OC、EC 均有不同程度的清除作用,且光化学反应会生成 SOC^[26],因此为了比较客观地估算 3 城区夏季 SOC,首先排除降雨天和 O₃ 浓度较高的晴天,再选择各采样点的 $m(\text{OC})/m(\text{EC})$ 最小值。

根据上述计算公式得到的三大城区夏季 SOC 质量浓度水平见表 5。从表中可知,夏季渝北区、南岸区和渝中区 PM_{2.5} 中 SOC 的质量浓度分别为 (2.0 ± 1.8) 、 (1.0 ± 0.7) 和 (2.3 ± 2.0) $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$,占 OC 比例均低于 30%,说明相对二次有机碳,三大城区受到一次有机碳的影响较大。各城区 SOC 在 OC 中的比例有所不同,渝中区相对较高(24.8%),且其 SOC 平均质量浓度也高于其他城区,这可能是由于该地区更容易形成城市热岛效应,且热量和辐射效应更加明显,有利于 OC 转化为 SOC。

表5 渝北区、南岸区和渝中区夏季 PM_{2.5} 中 SOC 的浓度水平和质量分数

Table 5 Levels of secondary organic carbon (SOC) in PM_{2.5} during summer in Yubei, Nan'an and Yuzhong

采样点	样品数	POC 质量浓度/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	SOC 质量浓度/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	OC 质量浓度/ ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)	$m(\text{POC})/m(\text{OC})$	$m(\text{SOC})/m(\text{OC})$
渝北区	15	7.9±3.2	2.0±1.8	9.9±3.8	79.6%	20.4%
南岸区	16	4.9±2.1	1.0±0.7	5.9±2.0	82.4%	17.6%
渝中区	12	7.0±2.6	2.3±2.0	9.3±3.0	75.2%	24.8%

2.3 碳组分的来源分析

利用热光反射法测定PM_{2.5}中碳组分时,可同时给出OC₁、OC₂、OC₃、OC₄、OP、EC₁、EC₂和EC₃的质量浓度。研究表明,样品中8个碳组分的丰度可以表现出一定的源谱特征^[7]。生物质燃烧是OC₁和OP的主要贡献源;OC₂在燃煤中的含量最丰富;OC₃和EC₁是汽油车尾气中丰富的碳组分;EC₂和EC₃主要

来源于柴油车排放;OC₄主要来自于道路扬尘。

由表6可知,夏季南岸区的OC₂丰度值为22.5%±2.8%,高于渝北区20.3%±2.3%和渝中区19.3%±2.7%,可能是受其周边食堂燃煤的影响。3城区的OC₃、EC₁、EC₂和EC₃的总丰度值均大于50%,表明机动车尾气排放(含汽油车和柴油车)可能是其碳质组分的主要来源。

表6 渝北区、南岸区、渝中区夏季8个碳质组分丰度值

Table 6 Eight abundance values of carbonaceous composition during summer in Yubei, Nan'an and Yuzhong (%)

采样点	OC ₁	OC ₂	OC ₃	OC ₄	EC ₁	EC ₂	EC ₃	OP
渝北区	7.5±1.6	20.3±2.3	13.1±2.8	12.9±1.7	14.4±3.2	26.5±4.8	0.1±0.4	5.2±3.6
南岸区	6.1±2.0	22.5±2.8	12.6±2.0	13.4±1.1	16.3±2.3	24.7±5.0	0.2±0.9	4.3±1.6
渝中区	6.5±2.3	19.3±2.7	14.1±3.0	10.3±1.8	15.2±4.9	29.0±5.2	0.2±0.6	5.4±3.6

3 结论

1) 南岸区PM_{2.5}及其OC和EC质量浓度分别为(35.0±10.4)、(5.8±1.5)和(2.5±0.8) μg·m⁻³,低于渝北区((45.0±13.8)、(8.9±3.2)和(4.2±1.6) μg·m⁻³)、渝中区((48.5±13.2)、(8.8±2.2)和(4.6±1.3) μg·m⁻³),表明渝北区和渝中区的含碳污染物排放可能较为严重。

2) 渝北区、南岸区和渝中区夏季PM_{2.5}中OC和EC均显著正相关,表明3城区的OC和EC可能分别具有相似的一次污染源,如机动车尾气等。

3) 渝北区、南岸区和渝中区夏季m(OC)/m(EC)比值的变化范围分别为1.6~3.4、1.7~3.4和1.3~3.0,其均值大于2,说明各采样点均可能存在二次污染。排除降雨天和O₃浓度较高的晴天,再根据m(OC)/m(EC)最小比值法估算得,渝北区、南岸区和渝中区夏季PM_{2.5}中SOC的质量浓度分别为(2.0±1.8)、(1.0±0.7)和(2.3±2.0) μg·m⁻³,占OC比例均低于30%,说明三大城区受到一次有机碳的影响较大。渝中区SOC在OC高于渝北区和南岸区,表明该地区可能更容易产生二次污染。

4) 南岸区夏季PM_{2.5}中OC₂丰度值高于渝北区和渝中区,表明该地区燃煤污染可能较为严重;三大城区的OC₃、EC₁、EC₂和EC₃的总丰度值均大于50%,表明机动车尾气排放(含汽油车和柴油车)可能是其碳质组分的主要来源。

参考文献(References)

- [1] 杨复沫, 马永亮, 贺克斌. 细微大气颗粒物PM_{2.5}及其研究概况[J]. 世界环境, 2000(4): 32-34.
Yang Fumo, Ma Yongliang, He Kebin. A brief introduction to PM_{2.5} and related research[J]. World Environment, 2000(4): 32-34.
- [2] Chen S J, Liao S H, Jian W J, et al. Particle size distribution of aerosol carbons in ambient air[J]. Environment International, 1997, 23(4): 475-488.
- [3] Yu S C, Dennis R L, Bhave P V, et al. Primary and secondary organic aerosols over the United States: Estimates on the basis of observed organic carbon (OC) and elemental carbon (EC), and air quality

modeled primary OC/EC ratios[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(31): 5257-5268.

- [4] 吴琳, 冯银厂, 戴莉, 等. 天津市大气中PM₁₀、PM_{2.5}及其碳组分污染特征分析[J]. 中国环境科学, 2009, 29(11): 1134-1139.
Wu Lin, Feng Yinchang, Dai Li, et al. Characteristics of PM₁₀, PM_{2.5} and their carbonaceous species in Tianjin City[J]. China Environmental Science, 2009, 29(11): 1134-1139.
- [5] Park S S, Kim Y J, Cho S Y, et al. Characterization of PM_{2.5} aerosols dominated by local pollution and Asian dust observed at an urban site in Korea during Aerosol Characterization Experiments (ACE)-Asia Project[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2007, 57(4): 434-443.
- [6] Novakov T, Bates T S, Quinn P K. Shipboard measurements of concentrations and properties of carbonaceous aerosols during Ace-2[J]. Tellus Series B Chemical and Physical Meteorology, 2000, 52(2): 228-238.
- [7] Ramanathan V, Crutzen P J. New directions: Atmospheric brown "Clouds"[J]. Atmospheric Environment, 2003, 37(28): 4033-4035.
- [8] Jimenez J L, Canagaratna M R, Donahue N M, et al. Evolution of organic aerosols in the atmosphere[J]. Science, 2009, 326(5959): 1525-1529.
- [9] Ram K, Sarin M M. Day-night variability of EC, OC, WSOC and inorganic ions in urban environment of Indo-Gangetic Plain: Implications to secondary aerosol formation[J]. Atmospheric Environment, 2011, 45(2): 460-468.
- [10] Yang F M, He K B, Ye B, et al. One-year record of organic and elemental carbon in fine particles in downtown Beijing and Shanghai [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2005, 5(6): 1449-1457.
- [11] 朱李华, 陶俊, 张仁健, 等. 冬夏季广州城区碳气溶胶特征及其与O₃和气象条件的关联[J]. 环境科学学报, 2010, 30(10): 1942-1949.
Zhu Lihua, Tao Jun, Zhang Renjian, et al. Characteristics of the carbonaceous aerosol in PM_{2.5} and its relation to O₃ and meteorological conditions in the urban Guangzhou area in winter and summer[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2010, 30(10): 1942-1949.
- [12] 王杨君, 董亚萍, 冯加良, 等. 上海市PM_{2.5}中含碳物质的特征和影响因素分析[J]. 环境科学, 2011, 31(8): 1755-1761.
Wang Yangjun, Dong Yaping, Feng Jialiang, et al. Characteristics and influencing factors of carbonaceous aerosols in Shanghai, China[J]. Environmental Science, 2011, 31(8): 1755-1761.
- [13] 董海燕, 古金霞, 陈魁, 等. 天津市区PM_{2.5}中碳组分污染特征及来源

- 分析[J]. 中国环境监测, 2013, 29(1): 34-38.
- Dong Haiyan, Gu Jinxia, Chen Kui, et al. Character and source analysis of carbonaceous aerosol in PM_{2.5} in the center of Tianjin City [J]. Environmental Monitoring in China, 2013, 29(1): 34-38.
- [14] Chow J C, Watson J G, Chen L W, et al. Equivalence of elemental carbon by thermal/optical reflectance and transmittance with different temperature protocols[J]. Environmental Science & Technology, 2004, 38(16): 4414-4422.
- [15] Hamilton R S, Mansfield T A. Airborne particulate elemental carbon: Its sources, transport and contribution to dark smoke and soiling[J]. Atmospheric Environment. Part A. General Topics, 1991, 25(3-4): 715-723.
- [16] 叶堤, 蒋昌潭, 赵琦, 等. 重庆市春季大气PM₁₀中有机碳、元素碳浓度水平及污染特征分析[J]. 中国环境监测, 2007, 23(3): 69-73.
- Ye Di, Jiang Changtan, Zhao Qi, et al. Pollution character of organic carbon and elemental carbon in PM₁₀ during springtime in Chongqing [J]. Environmental Monitoring in China, 2007, 23(3): 69-73.
- [17] 吴梦龙, 郭照冰, 刘凤玲, 等. 南京市PM_{2.5}中有机碳和元素碳污染特征及影响因素[J]. 中国环境科学, 2013, 33(7): 1160-1166.
- Wu Menglong, Guo Zhaobing, Liu Fengling, et al. Pollution characteristics and influencing factors of organic and elemental carbon in PM_{2.5} in Nanjing[J]. China Environmental Science, 2013, 33(7): 1160-1166.
- [18] Salma I, Chi X G, Maenhaut W. Elemental and organic carbon in urban canyon and background environments in Budapest, Hungary[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(1): 27-36.
- [19] 刘新民, 邵敏, 曾立民, 等. 珠江三角洲地区气溶胶中含碳物质的研究[J]. 环境科学, 2002, 23(增1): 54-59.
- Liu Xinmin, Shao Min, Zeng Limin, et al. Study on EC and OC compositions of ambient particles in Pearl River Delta region[J]. Environmental Science, 2002, 23(Suppl 1): 54-59.
- [20] 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, 55.
- Yu Jianhua, Yu Tong, Yang Xiaoguang, et al. Characteristics of organic carbon and elemental carbon in PM_{2.5} in Beijing in the winter [J]. Research of Environmental Sciences, 2004, 17(1): 48-50, 55.
- [21] 陈衍婷, 陈进生, 胡恭任, 等. 福建省三大城市冬季PM_{2.5}中有机碳和元素碳的污染特征[J]. 环境科学, 2013, 34(5): 1988-1994.
- Chen Yanting, Chen Jinsheng, Hu Gongren, et al. Characteristics of organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) in PM_{2.5} during the winter in three major cities in Fujian Province, China[J]. Environmental Science, 2013, 34(5): 1988-1994.
- [22] Zhang Y X, Shao M, Zhang Y H, et al. Source profiles of particulate organic matters emitted from cereal straw burnings[J]. Journal of Environmental Sciences, 2007, 19(2): 167-175.
- [23] See S W, Balasubramanian R. Chemical characteristics of fine particles emitted from different gas cooking methods[J]. Atmospheric Environment, 2008, 42(12): 8852-8862.
- [24] Chow J C, Watson J G, Lowenthal D J, et al. PM₁₀ and PM_{2.5} compositions in California's San Joaquin Valley[J]. Aerosol Science and Technology, 1993, 18(2): 105-128.
- [25] Turpin B J, Huntzicker J J. Identification of secondary organic aerosol episodes and quantitation of primary and secondary organic aerosol concentrations during SCAQS[J]. Atmospheric Environment, 1995, 29(23): 3527-3544.
- [26] Cabada J C, Pandis S N, Subramian R, et al. Estimating the secondary organic aerosol contribution to PM_{2.5} using the EC tracer method[J]. Aerosol Science and Technology, 2004, 38(Suppl 1): 140-155.
- [27] Cao J J, Wu F, Chow J C, et al. Characterization and source apportionment of atmospheric organic and elemental carbon during fall and winter of 2003 in Xi'an, China[J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2005, 5(11): 3127-3137.

(责任编辑 刘志远)

·学术动态·



中国科学技术协会

第13届全国博士生学术年会征集论文

由中国科协常委会青年工作专门委员会主办的第13届全国博士生学术年会,将于2015年5月在广州召开。欢迎有意参会的高年级博士生以第一作者提交与年会专题相符或相近的论文。

第13届全国博士生学术年会包括4个专题:

- 1) 智能制造装备(由中国机械工程学会承办):智能设计与制造、智能制造工艺与装备、智能控制与智能制造系统、智能制造服务;
- 2) 新能源(由中国可再生能源学会承办):太阳能发电技术、风力发电技术、生物质能发电技术、可再生能源发电并网技术;
- 3) 新材料(由中国材料研究学会承办):能源与环境材料、高性能结构材料、电子材料、特种功能材料、材料制备与性能评价;
- 4) 物联网(由中国电子学会承办):传感器、通信网络、智能信息处理、嵌入式、信息安全。

拟参会的博士生请于2015年3月31日前,登陆全国博士生学术年会报名系统(<http://bssnh.cast.org.cn>),提交论文全文。

详见中国科协网<http://www.cast.org.cn/n35081/n35488/16204153.html>。