

· 调查与评价 ·

常州城区秋冬季黑炭气溶胶的浓度变化特征

杨卫芬 程钟 沈琰

(常州市环境监测中心, 江苏 常州 213001)

摘要: 根据常州市2012年9月—2013年1月的黑炭气溶胶(Black Carbon, 以下简称BC)在线监测数据及常规气象资料,分析了BC在秋冬季不同时间段的变化特征及气象要素对BC的影响。结果表明,常州秋冬季BC平均值为5.17(1.48~17.02) $\mu\text{g}/\text{m}^3$,主要集中在1.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~7.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,冬季高于秋季,小时均值最大值达33.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;BC本底值为3.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$;1月份BC日均值变化幅度最大,发生高污染的频率最高。BC的日变化具有明显的双峰结构,一天中最大浓度多出现在上午06:00—09:00,特殊天气条件下,BC小时值存在不同的分布情况;BC在不同风向的输送条件下有明显的不同,偏东北方向过来的气团易造成BC高污染。

关键词: 黑炭气溶胶;浓度变化;常州市

中图分类号: X513

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2013)05-0011-04

The Concentration Variation Characteristics of Black Carbon Aerosols in Changzhou in Autumn and Winter

YANG Wei-fen, CHENG Zhong, SHEN Yan

(Changzhou environmental monitoring center, Changzhou, Jiangsu 213001, China)

Abstract: In order to study the pollution characteristics of the black carbon aerosol(BC) in autumn and winter in Changzhou, the variation characteristics of BC on different time scales and the effects of meteorological factors on the BC mass concentration were analyzed based on BC online monitoring data and the regular meteorological data in Changzhou from September 2012 to January 2013. The results showed that the average BC concentration during autumn and winter in Changzhou was 5.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, with the range 1.48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~17.02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. BC mass concentration was concentrated around the range 1.00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ~7.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, with maximum hourly average concentration of 33.87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. In addition, the concentration of BC in winter was higher than that in autumn and the base BC mass concentration of this study area was about 3.50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ based on the maximum frequency of hourly mean concentration. The biggest variation tendency of daily average BC mass concentration occurred in January, which was also the time of high pollution occurred frequently. The daily variation of BC mass concentration was characterized by a pronounced double peak pattern, and the highest value occurred more during 06:00—09:00 in a day. There can be different distribution of BC hourly mass concentration under special weather conditions. Different characteristics of BC mass concentration were observed for different wind directions that the air mass move from the northeast easy to result in high BC pollution.

Key words: Black carbon; Aerosol; Changzhou

BC主要来源于含碳物质的不完全燃烧,是大气气溶胶的重要组成部分,不仅能够吸收太阳辐射,直接影响大气系统的辐射平衡,还可与大气中硫酸盐、硝酸盐等成分混合形成云凝结核,或直接作为冰核改变云物理过程,进而间接影响区域气

候。同时,大量的BC会降低大气能见度,且以亚微米颗粒为主的BC可以与其表面吸附的多环芳

收稿日期:2013-05-13;修订日期:2013-07-01

作者简介:杨卫芬(1985—),女,江苏常熟人,助理工程师,硕士,主要从事大气环境监测工作。

烃、重金属等有害物质一同进入人体的呼吸系统, 严重危害人体健康^[1-3]。

20世纪70年代国际上开始对BC研究^[4-5]。我国相关研究起步较晚, 20世纪90年代, 黑炭研究在我国逐步开展, 在BC的吸收特性、变化特征、来源解析和辐射特性等方面有一定的研究基础^[4-15]。常州位于经济发达的长江三角洲地区, 城市大气环境越来越受到公众关注, 对于以较长时间的观测数据分析BC的研究尚未见诸文献。

现采用2012年9月至2013年1月常州城区BC质量浓度实时在线监测数据, 结合常规气象资料, 从浓度水平、本底值、日变化特征、气象因子对BC质量浓度等方面的影响初步分析了BC污染特征, 旨在为研究BC的区域及全球气候效应、环境效应提供科学依据。

1 研究方法

1.1 采样地点、时间

采样地点位于常州市环境监测中心3楼楼顶(N 31°45', E 119°57'), 采样口距地面约15 m。该站点地处常州市城区南部, 东距和平路200 m、南距中吴大道约500 m, 附近主要为住宅区, 500 m内无明显工业源, 交通源和生活源对其有一定影响。观测时间为2012年9月1日—2013年1月31日。

1.2 采样仪器与数据处理

采样仪器为美国Magee科技公司研制和生产的AE-31型黑炭仪, 该仪器有7个测量通道, 利用黑炭对光的吸收特性进行测量, 通过连续测量透过滤膜的光衰减的变化计算出黑炭的浓度^[16]。采用PM_{2.5}切割头, 采样时间分辨率为5 min。黑炭仪每季度进行一次流量检查和零点数据检查, 通过仪器参数设定控制测量滤膜上黑炭气溶胶的载荷量(控制透射光衰减不超过100%)保证观测数据质量的准确性。该研究采用波长为880 nm的测量通道数据, 在剔除仪器故障、断电及调试期间的异常值后, 对5 min数据进行归并得到BC小时均值3399组, 资料的有效率为92.6%。BC逐日和逐月数据由小时均值进行计算。秋季设定为9月1日至11月30日, 冬季为12月1日至1月31日, 其中10月27日—11月2日及1月4日—1月6日因仪器故障, 缺测数据。

2 结果与讨论

2.1 BC污染水平

2012年9月1日—2013年1月31日BC日均值变化见图1。

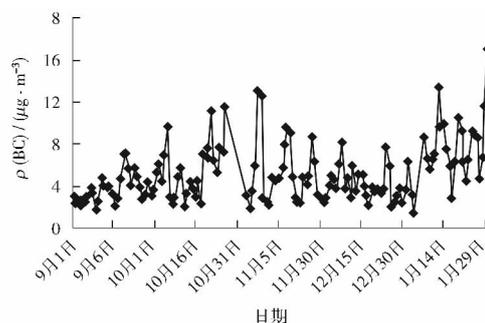


图1 2012年9月1日—2013年1月31日BC日均值变化

Fig. 1 The variations of BC daily mean mass concentration from September 1st, 2012 to January 31th, 2013

由图1可见, 常州城区大气中BC平均值为5.17 μg/m³, 与国内其他城市同期观测值相比, 低于长春2007年10月—2008年1月16.04 μg/m³平均值^[17], 天津2010年9月—2011年1月6.85 μg/m³平均值^[7], 高于西宁2005年9月—2006年2月4.21 μg/m³平均值^[18], 与上海浦东地区^[14]相近。

常州城区秋冬季的BC波动较大, 10月、11月和1月值较高, 9月最低。BC日均值变化幅度最大的为1月份。BC日均值变化幅度最小的为9月份。冬季因常出现逆温等不利于BC扩散的气象条件, 造成低层大气中较高浓度BC长期存在, 易形成污染事件。

依据每5 min黑炭质量浓度资料^[19], 计算了逐小时平均的BC值。小时均值最大值出现在2013年1月30日09:00, 为33.87 μg/m³, 最小值出现在2012年12月2日04:00, 为0.48 μg/m³。从小时BC的频数分布情况(图2)可以看出, 常州市BC值主要集中在1.00 μg/m³~7.50 μg/m³, 占监测时间的81%, 98%的值低于17.00 μg/m³。以此作为划分BC高污染的标准, 1月发生BC高污染的频率最高, 其次为11月份和10月份, 9月份未出现过BC高污染情况。以0.5 μg/m³作为步长, 拟合BC小时值频数分布, 以其光滑外廓曲线的最高点作为最大出现频数浓度, 为3.50 μg/m³, 以此作为BC本底值^[6]。

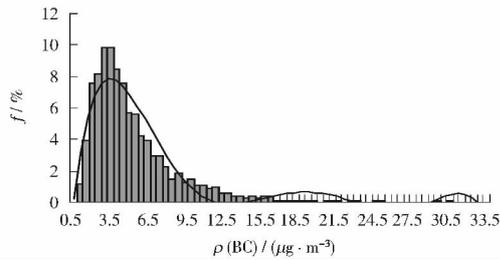


图 2 BC 小时值频数分布

Fig. 2 The frequency distribution of hourly BC mass concentration

2.2 日变化特征

对非降水日的 BC 的日变化特征进行分析。结果表明,非降水日下城区 BC 分布一般存在 2 个峰值,多发生于 06:00—09:00 和 18:00—21:00,午后和凌晨多出现谷值,见图 3(a)(b),这与上海^[14]、长春^[16]等城市的研究结果类似。

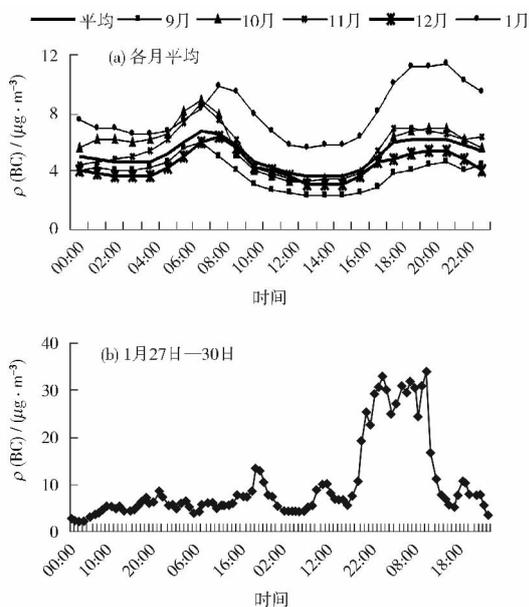


图 3 不同月份及特殊天气下(1月27日—30日) BC 的日分布特征

Fig. 3 The diurnal variation of BC mass concentration in different months and the diurnal variation of BC mass concentration on January 27th and 28th, January 29th, January 30th

由图 3(a) 可见,各月日变化特征中峰值和谷值出现时间略有差别,秋季各月 BC 第 1 峰值均出现在 07:00,冬季较秋季迟 1 h;第 2 峰值除 11 月外,均出现在 21:00。除 1 月份外,第 1 峰值均高

于第 2 峰值,这主要与近地面逆温层的影响有关。最大 BC 出现在第 2 峰值,主要为高污染天气导致。午后平均最低值在 13:00,为 3.67 μg/m³,与 BC 小时值频数分布得出的 BC 本底值较接近,可反映出常州城区 BC 的本底状况。

BC 日变化特征除受边界层湍流扩散条件影响外,还与上下班高峰的交通排放有密切关系。夜间至凌晨人为活动减少,BC 出现 1 d 中的较低值;上班高峰期 07:00 前后机动车尾气排放增加,BC 排放也显著增加,也因夜间多逆温天气,使得该时刻出现 1 d 中的最高峰值。此后,随着车流量减少,太阳辐射增强,地表温度升高,空气对流旺盛,大气扩散条件较好,BC 在午后达到 1 d 中谷值;18:00 开始处于下班高峰期,机动车尾气排放再次增多,BC 增高,同时混合层高度降低,大气扩散条件变差,容易造成 BC 在近地面堆积形成次高峰值。

由图 3(b) 可见,在空气污染状况下,BC 小时值存在不同的分布情况。如 1 月 27 日至 1 月 30 日的空气质量状况,均为灰霾天气,空气质量达轻度污染以上水平,其中 28 日、29 日为中度污染,30 日为严重污染,空气质量为监测期间最差。

2.3 BC 与气象条件的关系

有研究表明,降水过程可有效清除空气中部分 BC。通过对监测数据的分析发现,降水发生时的 BC 偏低。监测期间,降水日平均 BC 为 4.27 μg/m³,较非降水日的平均 BC 偏低约 1.23 μg/m³。另外,在连续发生降水后的 1~2 d 内,BC 会出现一个较低值,这与连续降水后空气质量较好是吻合的。

风速风向是影响大气污染物传输扩散的重要因素,通过比较风频较高的东北偏东风向下的风速与 BC 资料发现,BC 随风速增大而减小,见图 4。

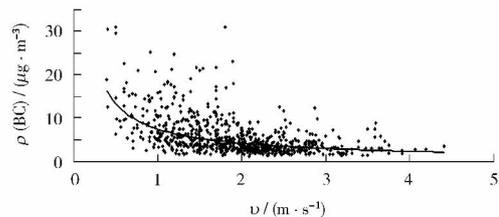


图 4 BC 与风速的关系

Fig. 4 Relationship of BC mass concentration with wind speed

选取 2 个典型风速(风速 = 1 m/s 和 2 m/s)对

BC 在不同风向下的值进行分析,见表 1。BC 在不同风向的输送条件下有明显的不同,风速相对固定时,BC 的高值区主要分布在偏东北风方向(316°—

360° 0°—135°),低值区主要分布在偏西南风方向(136°—315°),说明从偏东北方向过来的气团易造成 BC 高污染,偏西南方向受污染源影响较小。

表 1 相同风向下 BC 与风速的关系

Table 1 Relationship of BC mass concentration with wind direction under different wind speed

风向	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NNE	NE
v = 1m/s	8.3	8.0	6.3	6.7	5.4	6.3	6.4	8.2	7.2	6.9	7.5	4.8	9.9
v = 2m/s	5.7	5.3	4.0	3.9	2.8		2.2	1.9	2.6		4.4		7.1

μg/m³
μg/m³

3 结论

(1) 常州秋冬季 BC 约 5.17 μg/m³,冬季高于秋季,BC 本底值约 3.50 μg/m³。

(2) 常州的 BC 主要集中在 1.00 μg/m³ ~ 7.50 μg/m³,98% 的值低于 17.00 μg/m³。1 月份 BC 日均值变化幅度最大,易出现黑炭气溶胶质量浓度高值,形成污染事件。9 月份 BC 日均值变化幅度最小,未出现过 BC 高污染情况。

(3) 非降水日 BC 日均值分布一般存在 2 个峰值,多发生于 06:00—09:00 和 18:00—21:00,第 1 峰值一般高于第 2 峰值,午后和凌晨多出现谷值。特殊天气条件下,BC 小时值存在不同的分布情况,在灰霾天气下维持长时间高浓度。

(4) 降水过程可以有效清除空气中的部分 BC,降水日平均 BC 值较非降水日的值偏低约 1.23 μg/m³;BC 随风速增大而减小;风速固定时,BC 的高值区分布在偏东北风方向,低值区主要分布在偏西南风方向。

[参考文献]

[1] RAMANATHAN V, CARMICHAEL G. Global and regional climate changes due to black carbon[J]. *Nature Geosci* 2008(1): 221-227.

[2] DUSEK U, REISCHL G P, HITZENBERGER R. CCN activation of pure and coated carbon black particles[J]. *Environmental Science & Technology* 2006 40: 1223-1230.

[3] KARCHER B, MOHLER O, DEMOTT P J, et al. Insights into the role of soot aerosols in cirrus cloud formation[J]. *Atmos ChemPhys* 2007(7): 4203-4227.

[4] ROSEN H, HANSEN A D A, GUNDEL L, et al. Identification of the optically absorbing component in urban aerosol[J]. *Applied Optics*, 1978, 17(24): 3859-3861.

[5] HANSEN A D A, NOVAKOV T. Aerosol black carbon measurements over the western Atlantic Ocean[J]. *Global Biogeochemi-*

cal Cycles, 1988, 2(1): 41-45.

[6] 汤洁,温玉璞,周凌晔,等. 中国西部大气清洁地区黑炭气溶胶的观测研究[J]. *应用气象学报*, 1999, 10(2): 160-170.

[7] 姚青,蔡子颖,韩素芹,等. 天津城区秋冬季黑炭气溶胶观测与分析[J]. *环境化学* 2012, 30(3): 324-329.

[8] 薛福民,李娟,黄侃,等. 塔克拉玛干沙漠黑炭气溶胶的特性及来源[J]. *中国科学: 化学* 2010, 40(5): 556-566.

[9] 娄淑娟,毛节泰,王美华. 北京地区不同尺度气溶胶中黑炭含量的观测研究[J]. *环境科学学报*, 2005, 25(1): 17-22.

[10] 陶俊,朱李华,韩静磊,等. 广州城区冬季黑炭气溶胶污染特征及其来源初探[J]. *中国环境监测*, 2009, 25(2): 53-56.

[11] 吴兑,毛节泰,邓雪娇,等. 珠江三角洲黑炭气溶胶及其辐射特征的观测研究[J]. *中国科学 D 辑* 2009, 39(11): 1542-1553.

[12] 王绪鑫,马雁军,向旬,等. 鞍山黑炭气溶胶观测[J]. *环境化学* 2010, 39(6): 1091-1095.

[13] 蔡子颖,韩素芹,黄鹤,等. 天津夏季黑炭气溶胶及其吸收特性的观测研究[J]. *中国环境科学*, 2011, 31(5): 719-723.

[14] 肖秀珠,刘鹏飞,耿福海,等. 上海市区和郊区黑炭气溶胶的观测对比[J]. *应用气象学报* 2011, 22(2): 158-168.

[15] 张予燕,俞美香,任兰,等. 南京大气细颗粒中有机碳与元素碳污染特征[J]. *环境监测管理与技术*, 2012, 24(4): 30-32.

[16] 李礼,杨灿,唐晓等. AE31 型黑炭气溶胶监测仪的使用与日常维护[J]. *分析仪器* 2012, 2: 85-90.

[17] 高枳亭,张仁健,苏丽欣. 长春秋冬季大气黑炭气溶胶的特征分析[J]. *高原气象* 2009, 28(4): 803-807.

[18] 赵玉成,德力格尔,马云仓,等. 2005-2006 年秋冬季西宁大气中黑炭气溶胶的浓度变化特征[J]. *城市环境与城市生态*, 2008, 21(2): 26-29.

[19] 侯美伶,王杨君. 灰霾期间气溶胶的污染特征[J]. *环境监测管理与技术* 2012, 24(2): 6-11.