

连云港黑碳气溶胶污染特征研究

陈程¹, 花艳², 王瑜¹, 杨伟波¹

(1. 连云港市环境监测中心站, 江苏 连云港 222001; 2. 南京科略环境科技有限责任公司, 江苏 南京 211800)

摘要: 采用2016年大气多参数站监测数据, 分析连云港市大气中 ρ (黑碳气溶胶)的小时及月度变化规律, 结果表明, 观测期间, 黑碳气溶胶与 NO_2 、CO、 PM_{10} 、 $\text{PM}_{2.5}$ 显著相关, 与风速、能见度等呈负相关; 黑碳气溶胶年均值为 $2.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 日变化呈明显双峰型, 峰值出现在08:00和21:00左右; 从季节看, ρ (黑碳气溶胶)冬春季高、夏秋季低; 在不利气象条件时, ρ (黑碳气溶胶)有所增高, 通过模型分析化石燃料燃烧产生的黑碳占比增大, 说明在不利气象条件时, 化石燃料燃烧产生的黑碳是影响 ρ (黑碳气溶胶)及 ρ (颗粒物)上升的主要因素。

关键词: 黑碳气溶胶; 化石燃料燃烧产生的黑碳; 生物质燃烧产生的黑碳; 污染特征; 相关性; 连云港

中图分类号: X513

文献标志码: B

文章编号: 1674-6732(2018)02-0045-04

The Research on Pollution Characteristics of Black Carbon Aerosol in Lianyungang

CHEN Cheng¹, HUA Yan², WANG Yu¹, YANG Wei-bo¹

(1. Lianyungang Environmental Monitoring Central Station, Lianyungang, Jiangsu 222001, China; 2. Nanjing Intelligent Environmental Sci-Tech Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu 211800, China)

Abstract: Based on the monitoring results of atmospheric multiparameter stations in 2016, the daily variation and monthly variation of black carbon aerosol concentration in Lianyungang were analyzed, and the reasons for the change were discussed. During the observation period, black carbon concentration was significantly correlated with NO_2 , CO, PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, and negatively correlated with wind speed and visibility. The annual mean value of black carbon was $2.10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The daily variation of black carbon has obvious double-peak structure, and the peak value appears at 08:00 and 21:00. From the season, the concentration of black carbon was high in spring and winter and low in summer and autumn. In adverse weather conditions, the concentration of black carbon aerosol increased. By model analysis, the proportion of BC_{ff} increased, indicating that the black carbon produced by the combustion of fossil fuels was the main factor affecting the concentration of black carbon and particulate matter in adverse weather conditions.

Key words: Black carbon aerosol; BC_{ff} ; BC_{bb} ; Pollution characteristics; Correlation; Lianyungang

黑碳气溶胶(black carbon, BC)是悬浮在大气中的褐色碳质颗粒物, 是含碳物质(主要是石油、煤、木炭、树木、柴草、塑料垃圾、动物粪便等)不完全燃烧发生热解的产物, 凡涉及含碳物质的燃烧过程, 都会造成黑碳气溶胶的排放。研究表明^[1], 黑碳气溶胶尽管所占比例较小, 但其在从可见光到红外的波长范围内, 对太阳辐射均有强烈吸收, 对气溶胶光学吸收系数的贡献率达90%左右, 因而它对气溶胶的局地气候效应乃至全球气候效应均有着重要的贡献。在大气传输过程中, 黑碳气溶胶可以捕捉各种二次污染物, 改变云的形成过程和微物理结构, 对气候系统产生间接影响。在大气中, 黑碳气溶胶化学性质稳定, 只能通过干湿沉降过程清除。

现采用连云港多参数站监测数据, 分析黑碳气溶胶的污染特征和变化规律, 并利用单颗粒气溶胶质谱仪对其来源进行定量解析。

1 研究方法

1.1 数据来源

数据采用连云港大气多参数站和国控监测点市环境监测站小时均值及日均值, 监测时间为2016年3月1日—2017年2月28日, 监测项目包

收稿日期: 2017-08-11; 修订日期: 2017-10-28

作者简介: 陈程(1981—), 男, 高级工程师, 本科, 从事环境空气自动监测工作。

含黑碳、PM_{2.5}、PM₁₀、NO_x、CO 等污染物以及风速、风向、降雨量、能见度等气象参数。

1.2 监测仪器

监测仪器设备型号见表 1。

表 1 主要监测仪器

序号	监测参数	仪器类型
1	黑碳	MAGEE AE31
2	PM _{2.5}	TE5030 SHARP
3	气象参数	VAISALA WXT520
4	颗粒物来源解析	广州禾信 SPAMS0515

1.3 统计分析方法

利用 spss 软件分析黑碳和其他因子的相关性;通过 Aethalometer 模型,对观测的 BC 进行来源解析,分析化石燃料(fossil fuel, ff)和生物质燃料燃烧(biomass burning, bb)分别对 BC 的贡献^[2]。

2 结果与讨论

2.1 黑碳气溶胶与其他因子相关性

表 2 列出了黑碳气溶胶与其他主要污染物及气象参数的相关性分析结果。

表 2 黑碳气溶胶与其他因子相关性^①

参数	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	CO	O ₃ -8h ^②	PM _{2.5}	温度	风向	风速	能见度
皮尔森相关系数	0.587 **	0.639 **	0.801 **	0.681 **	0.243 **	0.802 **	-0.023	0.293 **	-0.432 **	-0.628 **
P ^③	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.695	0.000	0.000	0.000
样本量 n/个	304	304	301	302	300	302	303	303	303	275

① ** 置信水平均为 $\alpha = 0.01$ (2-tailed); ② O₃ 日最大 8 小时平均第 90 百分位数; ③ P < 0.05 为有显著性意义。

由表 2 可见,连云港和杭州、重庆等其他地方的观测结果基本一致^[3-4],黑碳气溶胶与 PM_{2.5}、PM₁₀、CO、NO₂、SO₂ 呈显著正相关,和风速及能见度负相关。黑碳气溶胶和其他污染物来源一致的可能性较大,和能见度、风速呈负相关,表明风速大有利于黑碳气溶胶的迁移扩散,作为强吸收型气溶胶,黑碳气溶胶是造成逆温、大气能见度下降的主要原因之一。

2.2 ρ (黑碳气溶胶)小时变化趋势

ρ (黑碳气溶胶)小时变化趋势见图 1(a)(b)。由图 1 可见,小时变化趋势呈明显的 2 个峰值,出现在 08:00(2.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)和 21:00(2.29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$),全天最低值出现在 16:00,为 1.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。清晨的高浓度和中午的低浓度与混合层的日变化特征及粒子排放密切相关,而傍晚的高浓度可能与粒子排放有关。清晨,大气污染物扩散条件相对较差,人为活动逐步增加,大量污染物排放, ρ (黑碳气溶胶)积累,08:00 达到全天最大值(在夏季,气温升高快,边界层抬升的时间提前,06:00 出现最高值,在冬季推迟到 09:00);随后,一方面机动车排放量减少,另外太阳辐射的增强,边界层抬升,污染物浓度下降,16:00 达到全天最低值;傍晚,随着晚高峰来临, ρ (黑碳气溶胶)有所抬升,21:00(在冬季,由于天黑时间提前导致人为活动提前,高峰出现的时间为 19:00)达到全天第二个峰值,人为活动逐步

减少, ρ (黑碳气溶胶)逐步降低,03:00 出现另一个低谷。

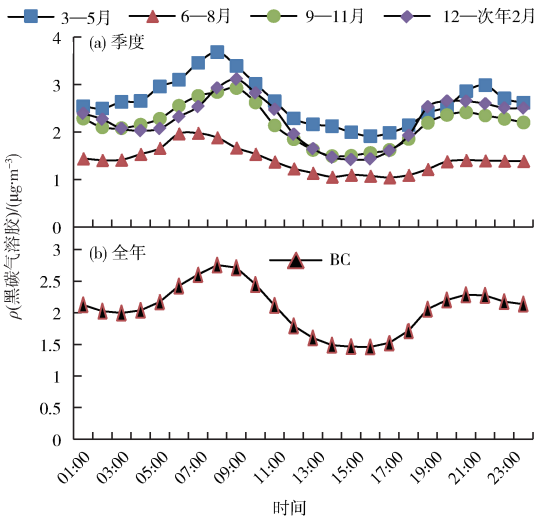


图 1 ρ (黑碳气溶胶)小时变化趋势

2.3 月变化规律

ρ (黑碳气溶胶)月度变化趋势见图 2。由图 2 可见,黑碳气溶胶年均值为 2.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,和其他城市相比,月度变化更为显著,月均值为 1.20 ~ 2.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,其中 8 月最低,12 月最高,和其他地区最高值一般出现在冬季的结果一致^[5]。 ρ (黑碳气溶胶)变化为:冬季 > 春季 > 秋季 > 夏季。冬春季气象扩散条件较差,颗粒物容易积累;夏季,混合

层较高,利于污染物垂直扩散,雨水相对较多,也有助于黑碳气溶胶的清除;另外,春秋季节突发 ρ (黑碳气溶胶)增高,可能和当地秸秆焚烧有关。10 月 ρ (黑碳气溶胶)很低的原因主要是当月降水量较大(200.5 mm,历年均值约 32 mm),雨水清除效果显著。

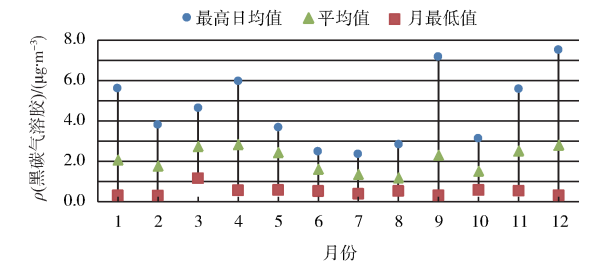


图 2 ρ (黑碳气溶胶) 月度变化趋势

不同地区 ρ (黑碳气溶胶)比较见表 3。由表 3 可见,连云港和表 3 所列城市相比, ρ (黑碳气溶胶)相对较低,主要原因是:(1)城市规模、产业布局、经济发展程度与表中城市相比有较大差异,污染物排放量相对较小;(2)连云港地处东部沿海,污染物扩散条件相对较好,特别是夏秋季,平均风速达 1.9 m/s,更有利于黑碳气溶胶扩散;(3)监测

表 3 不同地区 ρ (黑碳气溶胶) 的比较			
地区	时间	ρ (黑碳气溶胶) / ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)	参考文献
重庆	2013 - 04—2014 - 02	4.86 ± 2.37	[6]
南京	2015 - 01—2015 - 10	2.52 ± 1.75	[7]
北京	2013—2015	4.77 ± 4.49	[8]
武汉	2014 冬季	5.6	[9]

时间略有不同,随着“大气十条”的实施,我国绝大多数地区 ρ (颗粒物)逐年降低,降低的幅度也较大^[10]。

2.4 黑碳来源分析

2016 年 3 月—2017 年 2 月黑碳气溶胶结果分析见图 3。由图 3 可见,2016 年 3 月—2017 年 2 月,结合模型对观测期间化石燃料燃烧和生物质燃烧排放的黑碳进行定量来源解析,化石燃料燃烧对黑碳的贡献量为 $1.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$,占 83.5%;生物质燃烧对黑碳的贡献量为 $0.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$,占 16.5%。观测期间,化石燃料燃烧生成的黑碳(BC_{ff})日变化趋势呈明显的双峰结构,峰值出现在上下班高峰和人为活动频繁时段;生物质燃烧生成的黑碳(BC_{bb})呈现早晨高、中午低的状态,其他时间差异不大。2017 年 1 月 1—4 日黑碳结果分析见图 4。

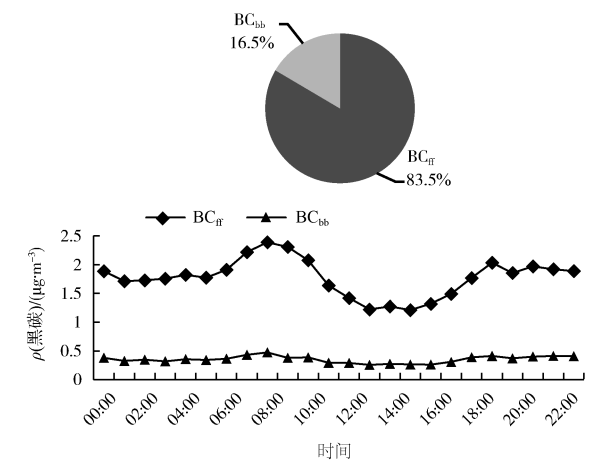


图 3 2016 年 3 月—2017 年 2 月黑碳结果分析

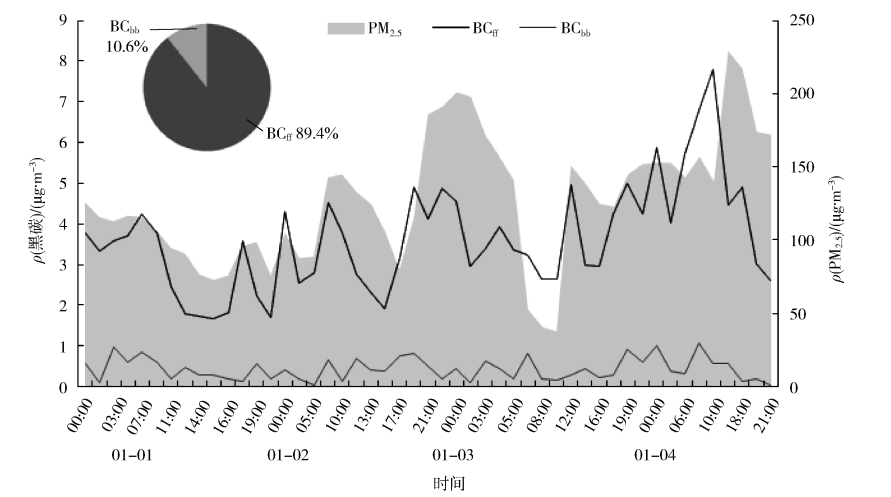


图 4 2017 年 1 月 1—4 日黑碳结果分析

由图4可见,1月1—4日,为轻度至重度污染, $PM_{2.5}$ 均值达 $135\mu g/m^3$,处于整个时期高值时段。 $\rho(BC_{ff})_{平均}$ 和 $\rho(BC_{bb})_{平均}$ 分别为3.63和 $0.43\mu g/m^3$,占比分别为89.4%和10.6%, BC_{ff} 占比从83.5%上升到89.4%,说明该污染时段化石燃料对黑碳的贡献影响更为明显,从侧面也反映该时段黑碳气溶胶污染是以化石燃料燃烧增加引起的,与禾信质谱源解析该时段燃煤和机动车尾气占比上升一致。

3 结论

(1) ρ (黑碳气溶胶)和 $PM_{2.5}$ 、 PM_{10} 、 NO_2 、CO显著相关,和风速、降水、能见度等呈负相关,与 $\rho(O_3)$ 相关性不大;

(2) 黑碳气溶胶有明显的日变化特征,呈双峰型,峰值分别出现在08:00和21:00,峰值出现时间和混合层日变化特征以及人为活动密切相关。

(3) ρ (黑碳气溶胶)月度、季节变化明显,冬季12月其值最高,夏季8月最低。 ρ (黑碳气溶胶)季节排序为:冬季>春季>秋季>夏季,因为冬春季气象扩散条件较差,颗粒物容易积累,夏季混合层较高,利于污染物垂直扩散。

(4) 对2016年3月—2017年2月黑碳的来源进行解析,黑碳的主要来源为化石燃料燃烧和生物质燃烧,化石燃料燃烧是首要来源,占比为83.5%,

生物质燃烧占比16.5%,在污染加重天气,化石燃料燃烧产生的黑碳气溶胶占比有明显上升。

[参考文献]

- [1] JACOBSON M Z. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols[J]. Nature, 2001(409): 695–697.
- [2] 花艳,汤莉莉,刘丹彤,等. 南京春夏秸秆焚烧期间大气黑碳气溶胶来源解析[J]. 环境科学与技术, 2017(1): 147–155.
- [3] 钟杰,翟崇治,余家燕,等. 重庆市核心区黑碳气溶胶浓度特征以及影响因素分析[J]. 环境工程学报, 2016, 10(2): 805–810.
- [4] 徐昶,沈建东,叶辉,等. 杭州黑碳气溶胶污染特性及来源研究[J]. 中国环境科学, 2014, 34(12): 3026–3033.
- [5] 吴兑,毛节泰,邓雪娇,等. 珠江三角洲黑碳气溶胶及其辐射特性的观测研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39(11): 1542–1553.
- [6] 钟杰,翟崇治,余家燕,等. 重庆市核心区黑碳气溶胶浓度特征以及影响因素分析[J]. 环境工程学报, 2016, 10(2): 805–810.
- [7] 肖思晗,于兴娜,朱彬,等. 南京北郊黑碳气溶胶污染特征及影响因素分析[J]. 环境, 2016, 37(9): 3280–3289.
- [8] 张宸赫,程兴宏,赵天良,等. 不同季节气象条件对北京城区高黑碳浓度变化的影响[J]. 环境科学学报, 2017, 37(6): 2255–2264.
- [9] 陈超,何曦,杨乐. 杭州市环境空气中黑碳质量浓度变化特征[J]. 环境监测管理与技术, 2015(1): 60–62.
- [10] 环境保护部. 2016 中国环境状况公报[EB/OL]. (2017–06–05)[2017–08–11]. <http://www.zhb.gov.cn/>.

· 简讯 ·

南加州区域性水质联合监测让效率更高

人民网消息 位于美国的南加州海岸水研究所是承担区域性水质联合监测工作的非政府机构。作为科研单位,研究所拥有着业务能力强、技术精湛的工作团队。

研究所业务定位在环境管理、环境监测和标准方法研究等领域。其中,水环境监测占总工作量的30%左右。当前,研究所组织的联合监测由14家机构共同承担,包括6家管理部门、4家污水处理厂和4家科研机构。每5年,这些机构会联合开展一次大规模的区域性监测活动,监测对象涵盖水体和沉积物。同时,对监测点位定期优化,确保评价全面、客观,监测指标则包括理化和生物类型。研究所充分发挥成员单位的科研引领作用。只要是某个单位研究制定了新的分析方法,其余单位立即加入验证行列,如果结果的重现性好、大家公认,就扩展为新的监测内容。因此,区域内的联合监测是动态变化的,内涵不断丰富,覆盖面越来越广泛。

各机构加入区域联合监测都是“自带干粮”,消除了项目缺乏资金的困窘。多家机构在确定的点位按统一方法采样监测,结果具有权威性,既满足本机构的需要、共享数据,又能获得区域性的总体状况,其工作模式科学高效。研究所还拥有一艘水下鱼艇式的自动监测设备,全美目前只有两艘。入水后,设备不仅续航能力比较强,而且通过负载的各种监测传感器,可以自动锁定污染源,成为水下航行技术与监测分析结合的完美例证。目前设备的监测范围还在扩大,不断增加新的生物学指标。

联合监测的优越性在于建立了一个良好的工作机制。数据资源分散在各机构,开展联合监测,益处多多:一是规范分析工作,使各机构的数据质量在相同的水平线上;二是加强统筹,使监测网络覆盖完整,分散时可满足专门需要,整合起来又可描述整体状况,这种开放的模式值得他国借鉴。

摘自 www.jshb.gov.cn 2018–03–19