

Time Distribution and Analysis of Black Carbon Aerosol in the Main Urban Area of Wuhan City

Jinhui Zhao, Chao Huang, Ya Fu, Yi Qu, Zirui Xie, Hang Deng*

Faculty of Resources and Environmental Science, Hubei University, Wuhan Hubei
Email: *zhaojh2004@hubu.edu.cn

Received: Jun. 9th, 2017; accepted: Jun. 25th, 2017; published: Jun. 28th, 2017

Abstract

This paper used the black carbon aerosol concentration data of ten sampling points from December 2014 to February 2016 in Wuhan city of East Lake scenic area, Hanyang Park, Shahu Park and so on. According to the analysis of the time distribution of the black carbon aerosol in the main urban area of Wuhan city, the results indicated the change of monthly variation characteristics of each sampling point showed the same trend. In autumn and winter the black carbon aerosol concentration is large, and in spring and summer aerosol concentration is small. The black carbon aerosol concentration has large difference of distribution in autumn and winter, reached the highest value in January. Each month the distribution of black carbon aerosol concentration have large difference of space. Through the discussion and analysis, the reasons for the time differences are closely connected with the weather conditions, precipitation and wind speed, which have strong effect on the black carbon aerosol concentration's dilution and diffusion.

Keywords

Black Carbon Aerosol, Time Distribution, Correlation Analysis

武汉市主城区黑碳气溶胶的时间分布规律及解析

赵锦慧, 黄超, 付雅, 曲艺, 谢子瑞, 邓航*

湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉
Email: *zhaojh2004@hubu.edu.cn

收稿日期: 2017年6月9日; 录用日期: 2017年6月25日; 发布日期: 2017年6月28日

*通讯作者。

文章引用: 赵锦慧, 黄超, 付雅, 曲艺, 谢子瑞, 邓航. 武汉市主城区黑碳气溶胶的时间分布规律及解析[J]. 环境保护前沿, 2017, 7(3): 274-281. <https://doi.org/10.12677/aep.2017.73039>

摘要

本文利用武汉市中心城区2014年12月至2016年2月期间东湖景区、汉阳公园、沙湖公园等十个采样点的黑碳气溶胶浓度数据分析武汉市主城区黑碳气溶胶的时间分布规律,结果表明月变化特征为各个采样点呈现相同的变化趋势,秋冬季节气溶胶浓度大,春夏季节气溶胶浓度小;黑碳气溶胶浓度在秋冬季节分布差异大,在1月份达到最高值;各月黑碳气溶胶浓度的分布的空间差异大。通过讨论分析其时间差异产生的原因与天气条件密不可分,降水多和风速大,对黑碳气溶胶浓度的稀释和扩散作用强。

关键词

黑碳气溶胶, 时间分布, 相关性分析

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近几十年内,有关大气黑碳气溶胶的研究已经取得了大量成果。在观测研究方面,国际上从八十年代展开了大量观测实验,比如对平流层及对流层上部的黑碳气溶胶观测、极地地区和海洋上空大气的观测研究[1][2],90年代也普遍开展大气的黑碳气溶胶连续观测。和国外相比,中国学者在黑炭气溶胶浓度、气溶胶散射、吸收及消光3个系数以及气溶胶污染导致雾霾天气等方面做出了较为深入的研究[3][4][5][6]。由于对于黑碳气溶胶数据观测和记录的缺乏,外加黑碳气溶胶排放因子的不确定性以及黑碳气溶胶时空分布的不确定性等,黑碳气溶胶成为气候变化与预测研究中难以估计的不确定因子。因此对区域性、长时间[7][8][9][10][11]的黑炭气溶胶变化特征比较少。

本文以2014年12月至2016年2月武汉市城区为例,探讨武汉市中心城区绿地单元黑碳气溶胶的时间分布特征,可以及时有效的了解其分布和变化趋势,进而分析武汉市中心城区黑碳气溶胶产生的主要原因和影响因素,为加强大气环境治理和城市建设提供科学依据。

2. 采样点概况

本文选取武汉市中心城区的公园有42个中的10个公园作为研究对象。分别对10个公园绿地单元进行黑碳的采样及分析工作(如图1)。

采样仪器为美国玛基科学公司(Magee Scientific Co, USA)产的AE-31黑碳仪,采用透光均匀的石英纤膜,利用黑碳仪标准通道(880 nm),每5 min获取一组BC浓度数据[3],连续实时观测BC的质量浓度。

2014年12至2016年2月在是十个采样点进行均匀采样,共采集346个数据样本,样本有效性为98.27%。

3. 黑碳气溶胶的时间分布差异

3.1. 日变化特征

2014年12月至2015年12月全年所有的采样数据进行均值计算,得出每个采样点平均每天的黑碳气溶胶浓度,并对十个采样点的日均值进行比较。



Figure 1. Sample points distribution in central district of Wuhan city

图 1. 武汉市中心城区采样点分布图

武汉市城区全年黑碳气溶胶日均值分布如图 2 所示，其中石门峰游园和解放公园的日均值最高；其他采样点的气溶胶浓度都位于 4000 ng/m^3 到 5000 ng/m^3 之间，其中最大值为 4975.89 ng/m^3 ，最小值为 4313.5 ng/m^3 。

3.2. 月变化特征

武汉市中心城区绿地黑碳气溶胶浓度月变化趋势如图 3 所示。从已有的数据资料中可以看出，各个采样点的变化趋势较为一致。从 2015.7 到 2016.2 呈现波动上升的趋势，6、7、8、9 月的气溶胶浓度较低，基本在 4000 ng/m^3 以下，10 月份是一个小高峰，气溶胶浓度有较大增幅；12、1 月则是黑碳气溶胶的高峰期，气溶胶等污染物的排放量大，空气中的黑碳气溶胶浓度高，到了春季 3、4、5 月份黑碳气溶胶浓度降低。

从图 3 (2014.12~2015.2) 中可以看出，武汉市中心城区绿地的黑碳气溶胶浓度月分布不均匀，不同的采样点呈现出相近的变化趋势。

3.3 季节变化特征

季节变化特征比较明显，全年呈现秋冬季节气溶胶浓度大，春夏季节气溶胶浓度小，季节波动性较大。

1) 际冬季气溶胶对比

由图 4 黑碳气溶胶折线图可见，同在冬季，不同年份相同采样点的黑碳气溶胶浓度相差不大。此外，解放公园，常青公园和南干渠游园是三个高值区，其气溶胶的浓度相对高于其他地方，南干渠 2014 年冬季的均值甚至达到 9000 ng/m^3 以上。沙湖公园是气溶胶浓度的低值区，普遍低于其他采样点同年的浓度；汉阳、黄鹤楼和东湖风景区则变化趋势不大，都在 7000 ng/m^3 左右。

2) 同一年度秋冬季节气溶胶特征对比

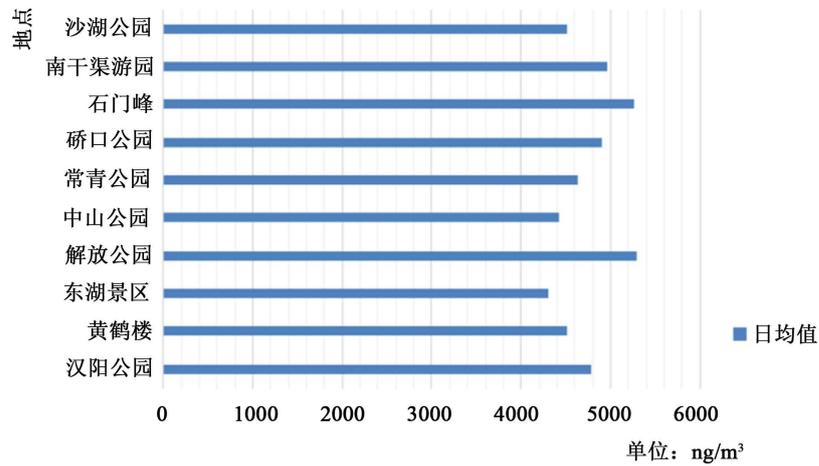


Figure 2. The distribution of black carbon aerosols in central Wuhan city
 图 2. 武汉市中心城区黑碳气溶胶日均值分布图

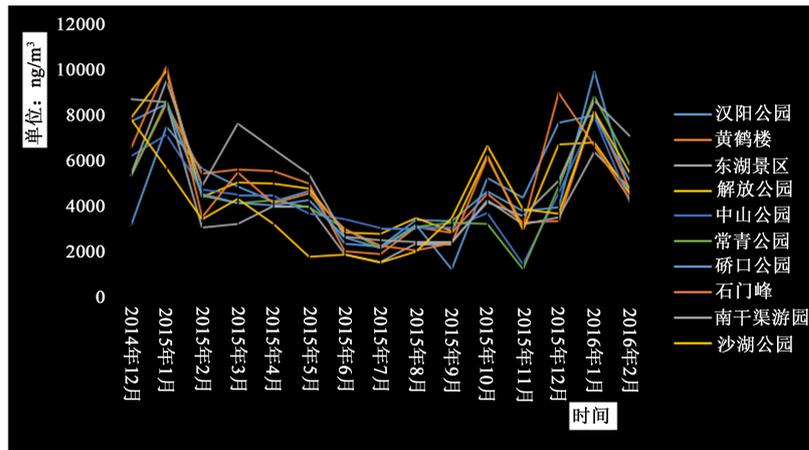


Figure 3. The trend chart of the black carbon aerosol winter month in central Wuhan city
 图 3. 武汉市中心城区黑碳气溶胶冬季月变化趋势图

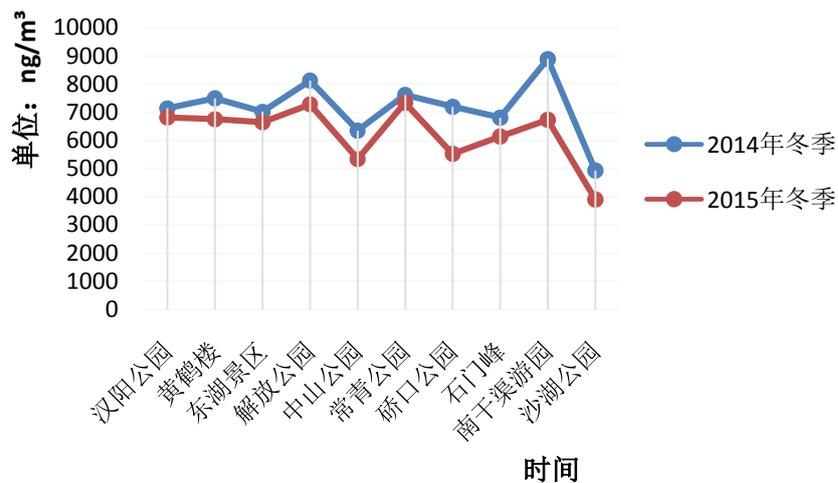


Figure 4. The mean line of black carbon aerosols in Wuhan
 图 4. 武汉市冬季黑碳气溶胶均值折线图

秋冬两季气溶胶比较和变化趋势如表 1 所示。由表 1 可以看出：秋季黑碳气溶胶浓度在 $2562 \text{ ng/m}^3 \sim 4667 \text{ ng/m}^3$ 之间，冬季气溶胶浓度在 $3945 \text{ ng/m}^3 \sim 3961 \text{ ng/m}^3$ 之间，平均值分别为 3359 ng/m^3 和 5787 ng/m^3 ，秋冬季节的黑碳气溶胶浓度相差较大。

以汉阳公园、黄鹤楼、东湖景区等其中 6 个采样点数据为例，在图 5 中可以看出，秋冬两季，黑碳气溶胶浓度变化趋势不同，秋季经过 10 月份的小高峰后气溶胶浓度下降，11 月和 12 月秋冬季节变化之际，气溶胶浓度不断上升，1 月份气溶胶浓度达到最大，之后 2 月份气溶胶浓度下降。总的来说，秋冬季节黑碳气溶胶整体波动上升，1 月份是气溶胶浓度的高峰期。

4. 黑碳气溶胶浓度的影响因素分析

大气中黑碳气溶胶的浓度和气象条件有着密不可分的联系，研究表明，气象条件对污染物的扩散、稀释和积累有一定作用，在污染源一定的条件下污染物浓度的大小主要取决于气象条件[9] [11]，因此黑碳浓度的变化特征与气象条件的变化有一定的关系。

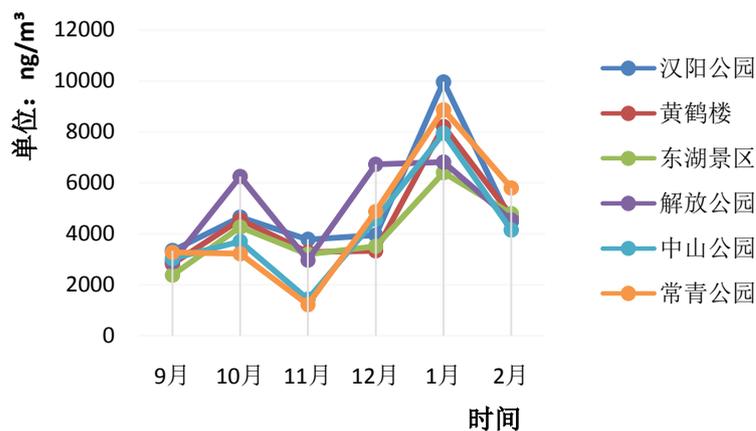


Figure 5. The black carbon aerosols in the fall and winter of central Wuhan city
图 5. 武汉市中心城区秋冬季黑碳气溶胶变化图

Table 1. The mean of black carbon aerosol in the central city of Wuhan in the fall and winter of 2015(unit: ng/m^3)
表 1. 武汉市中心城区 2015 年秋冬季节黑碳气溶胶均值(单位: ng/m^3)

采样点	秋季	冬季
汉阳公园	3921.47	6125.59
黄鹤楼	3547.68	5423.2
东湖景区	3273.79	4895.74
沙湖公园	4032.7	6026.55
中山公园	2717.83	5557.57
常青公园	2562.52	6514.05
硚口公园	3605.95	3945.79
石门峰	3872.61	6660.94
南干渠游园	3389.23	6961.74
解放公园	4667.3	5765.06
平均值	3559.108	5787.623

4.1. 降水对黑碳气溶胶浓度的影响

根据中央气象局发布的天气信息,统计武汉市2014年12月至2016年2月,各月降水的天数,将降水的天数和武汉市黑碳气溶胶浓度的月变化趋势图比较,如图6所示。

研究指出降水对大气污染物有很强的稀释作用,降水与空气质量的好坏成反比。即:降水越多空气质量越好,降水量越大空气质量越好。在图中可以看出,2015.5至2015.9气溶胶浓度比较低的时段,相应的降水天数较多,而冬半年,降水天气少,黑碳气溶胶浓度高。

4.2. 温度对黑碳气溶胶的影响

将气象因子中的温度和黑碳气溶胶浓度做相关性分析,统计2014年12月至2016年2月气象信息中温度的最高温和最低温,和武汉市黑碳气溶胶做相关性分析,最高温和最低温的相关系数分别为:0.44901和0.43005。相关系数小,可见黑碳气溶胶浓度和温度相关性较小。这主要是因为黑碳气溶胶浓度和温度没有直接的关系,主要和逆温有直接的联系。

4.3. 风对黑碳气溶胶的影响

风向和风速对大气污染物扩散起着很重要的作用,风向决定着污染物输送的方向,风速决定着对污染物输送的能力。风速越小越不利于大气污染物的输送,特别是静风时非常不利于大气污染物的扩散,使得大量污染物在市区堆积导致市区环境空气质量恶化。

武汉市常年风速和风频如图7所示,根据国家气象信息中心分析,武汉市的平均风速低于3 m/s,武汉市的盛行风向为东北风。对武汉市2015.1至2016.1年的天气统计,风向大于三级的大风天气只有37天,一年中风速小于三级的天数大约89%,整体来说是不利于大气污染物的扩散。

以2014年12月17日和21日为例,根据中央气象局的天气监测显示,17日无持续风向 ≤ 3 级,21日北风3~4级,同时17日的气溶胶浓度为 1833.32 ng/m^3 ,21日的气溶胶浓度为 2078.31 ng/m^3 。由此可见风速对黑碳溶胶浓度有一定的影响。

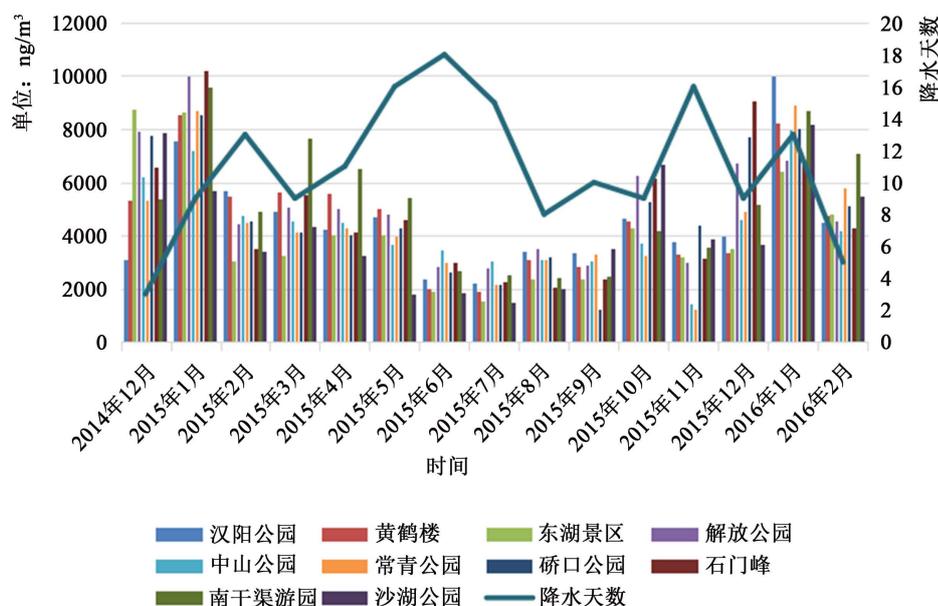


Figure 6. The concentration of black carbon aerosol and the number of days of precipitation were compared in Wuhan
图6. 武汉市黑碳气溶胶浓度和降水天数比较

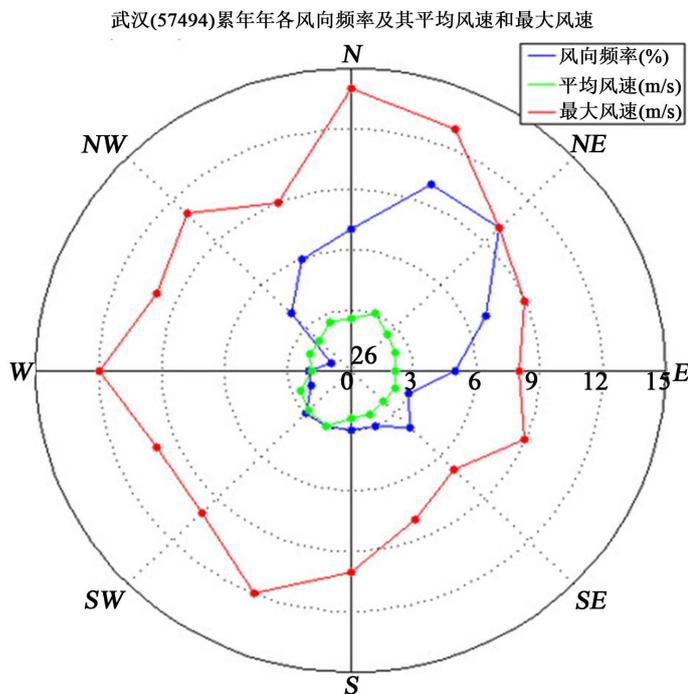


Figure 7. The wind speed and the average wind speed and maximum wind speed in Wuhan
图 7. 武汉市常年各风向频率及其平均风速和最大风速

5. 结论与讨论

5.1. 讨论

通过对武汉市黑碳气溶胶浓度秋冬季节比较分析,产生季节变化主要是因为直接排放源和气候因素两方面的原因。

根据武汉市环保局公布武汉大气颗粒物源最新解析结果,武汉市PM_{2.5}综合来源解析结果为:工业生产(包括工业锅炉及窑炉、生产工艺过程等排放的一次颗粒物和气态前体物产生的二次颗粒物)32%、机动车27%、燃煤(包括燃煤企业、燃煤电厂、居民散烧等)20%、扬尘(包括裸露表面、建筑施工、道路扬尘、土壤风沙等)9%、其他(包括生物质燃烧、生活源、农业源等)12%。PM₁₀综合源解析结果:扬尘25%、燃煤22%、工业生产21%、机动车19%、其他13%。武汉市的雾霾成因也因为季节不同而有所不同,例如区域污染主要集中在12月、1月,沙尘污染主要集中在3月至5月,秸秆污染主要在每年6月、10月,受台风外围影响而产生的污染主要集中在7月至9月。

根据本文的分析气溶胶浓度秋冬两季变化幅度大,且冬季均值明显大于秋季,气溶胶浓度的最大值出现在1月份。一方面是自然原因,武汉市位于亚热带季风气候区,冬季气温低,降水少,易形成逆温层,这使得大气扩散条件差,再加上武汉市工业的工业集中,污染物的排放量大,容易和大气悬浮颗粒结合,增加了气溶胶浓度。另一方面则可能人为原因造成的,冬季气温低,冬季居民取暖需求大,燃煤等排放的大气污染物多,导致大气的气溶胶浓度上升。

对比秋冬两季浓度值,秋季和冬季分别在10月和1月出现了当季的高峰值,这表明武汉市的黑碳气溶胶浓度受到了大气输送的影响。据环保局的解析结果,12月和1月主要是区域污染,6月和10月主要是秸秆污染,武汉市位于江汉平原的东部,江汉平原以农业为主,且湖北西北部主要是以农业为主的地

区, 而武汉冬季盛行偏西和偏北的风, 盛行风将上风向的秸秆燃烧污染物和冬季燃煤、工业和居民排放的污染物携带到武汉上空堆积, 形成堆积污染, 直接导致了武汉市气溶胶浓度的大幅增加, 在秋冬季节易出现严重的大气污染。

5.2. 结论

通过对武汉市中心城区十个采样点 2014 年 12 月至 2016 年 2 月黑碳气溶胶浓度变化进行分析, 2014.12 至 2016.2 黑碳气溶胶浓度时空变化差异大, 全年的黑碳气溶胶浓度秋冬大, 春夏小; 秋冬季节气溶胶浓度相差大, 秋季均值小于冬季均值, 且气溶胶浓度在 1 月份达到峰值。

黑碳气溶胶浓度的时间变化差异主要受到直接排放源和气候因素的影响, 气候因子主要受到风和降水的影响。冬季气温低, 降水少, 易形成逆温层, 这使得大气扩散条件差, 再加上武汉市工业的工业集中, 污染物的排放量大, 容易和大气悬浮颗粒结合, 增加了气溶胶浓度, 使得冬半年的气溶胶浓度值大于夏半年。

基金项目

国家自然科学基金项目(41401559)、湖北省教育厅项目(D20141001)共同资助。

参考文献 (References)

- [1] Hitzengerger, R. and Tohno, S. (2001) Comparison of Black Carbon (BC) Aerosols in Two Urban Areas Concentrations and Size Distributions. *Atmospheric Environment*, **35**, 2153-2167.
- [2] Babich, P., Davey, M., Allen, G. and Koutrakis, P. (2000) Method Comparisons for Particulate Nitrate, Elemental Carbon, and PM_{2.5} Mass in Seven U.S. Cities. *Air & Waste Management Association*, **50**, 1095-1105.
- [3] 朱厚玲. 我国地区黑碳气溶胶时空分布研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国气象科学研究院, 2013.
- [4] 陈霖. 半干旱地区不同下垫面黑碳气溶胶变化特征[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [5] 张楠, 覃栋, 谢绍东. 中国黑碳气溶胶排放量及其空间分布[J]. *科学通报*, 2013(19): 1855-1864.
- [6] 顾行发, 李正强, 李俊, 等. 多尺度综合观测中国区域气溶胶时空分布[J]. *遥感学报*, 2014,18(5): 1138.
- [7] 蔡子颖, 韩素芹, 黄鹤, 等. 天津夏季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.
- [8] 杜川利, 余兴, 李星敏, 等. 西安泾河夏季黑碳气溶胶及其吸收特性的观测研究[J]. *中国环境科学*, 2013, 33(4): 613-622.
- [9] 肖秀珠, 刘鹏飞, 耿福海, 等. 上海市区和郊区黑碳气溶胶的观测对比[J]. *应用气象学报*, 2011, 22(2): 158-168.
- [10] 王洪强, 贺千山, 陈勇航, 等. 2008-2012 年上海黑碳浓度变化特征分析[J]. *环境科学*, 2014, 35(4): 1215-1218.
- [11] 邓航. 武汉市中心城区黑碳气溶胶的时空分布规律[D]: [学士学位论文]. 武汉: 湖北大学, 2016.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：aep@hanspub.org