

# 下沙空气中可吸入颗粒物污染特征分析

孙秀萍<sup>1</sup>, 谢国建<sup>2</sup>, 闻丽莎<sup>1</sup>

(1.杭州经济技术开发区环境监测站,浙江 杭州 310018;2.杭州市萧山区人民政府南阳街道办事处,浙江 杭州 311227)

**摘要:**通过对 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的浓度特征分析,探讨下沙空气中可吸入颗粒物污染特征。根据 2013~2015 年下沙空气连续自动监测数据,对浓度变化特征分析发现,PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的季节变化明显,冬季最高,夏季最低。PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 的月均浓度存在线性回归关系,回归方程为  $y = 1.0759x + 0.02532$ ,相关系数平方值为 0.857。PM<sub>2.5</sub> 与 PM<sub>10</sub> 的浓度比值 P 主要集中在 0.5~0.8 之间。

**关键词:**PM<sub>2.5</sub>;PM<sub>10</sub>;特征

中图分类号:R122.1

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)04-0057-04

## ANALYSIS OF POLLUTION CHARACTERISTICS OF AIRBORNE INHALABLE PARTICULATES IN XIASHA DISTRICT

SUN Xiu-ping<sup>1</sup>, XIE Guo-jian<sup>2</sup>, WEN Li-sha<sup>1</sup>

(1.Hangzhou economic and technological department area environmental monitoring station, Zhejiang, Hangzhou, 310018, China; 2.Nanyang street agency of Xiaoshan district people's government in Hangzhou City, Hangzhou 311227, China)

**Abstract:**Through the analysis of concentration of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, discussion on the pollution characteristics of airborne inhalable particulates in Xiasha District. According to 2013 to 2015 Xiasha District PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> continuous automatic monitoring data, through the features of the concentration variation trend analysis, it is found that there are obvious seasonal variation characteristics of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, the highest in winter and the lowest in summer. There was a linear regression relationship between PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, and the regression equation was  $y = 1.0759x + 0.02532$ , and the square value of correlation coefficient was 0.857. The concentration ratios of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> are mainly concentrated in 0.5-0.8.

**Key words:** PM<sub>2.5</sub>;PM<sub>10</sub>;Xiasha District

可吸入颗粒物指空气动力学当量直径 $\leq 10$ 微米的颗粒物,又称为 PM<sub>10</sub>,大量的流行病学资料显示,PM<sub>10</sub>浓度与疾病的发病率、死亡率有明显的相关性,尤其是呼吸系统疾病和心肺疾病。而其中空气动力学直径 $\leq 2.5$ 微米的颗粒物为 PM<sub>2.5</sub>,PM<sub>2.5</sub>也称可入肺颗粒物,PM<sub>2.5</sub>在 PM<sub>10</sub>中占有相当大的比例。近年来,随着工业的迅速发展,城市化进程

加快,PM<sub>2.5</sub>污染造成的能见度恶化问题变得越来越突出,灰霾天气明显上升。由于其粒径小、比表面积大,更易于富集空气中的重金属、多环芳烃类、细菌、病毒等有毒、有害物质,且在大气中的停留时间长、输送距离远并可进入人的肺部,干扰肺部的气体交换,并通过呼吸到达肺泡沉积下来,对人的危害更大<sup>[1]</sup>。因此,对此类空气中可吸入颗粒物污染进行分析具有一定的现实意义。

下沙地块是杭州经济技术开发区所在地,是

典型的工业型地块,地处浙江省杭州市东部,钱塘江下游北岸(钱塘江流经下沙呈马蹄形状),东临江东开发区,南临萧山区,西临杭州主城区,北临余杭区,东北临海宁市,总面积 104.7 平方公里,占杭州全市总面积的 0.63%,其中工业开发面积 22.27 平方公里。开发区综合竞争力多年位列全国国家级开发区第一方阵,年工业总产值超过 1 600 亿元。下沙空气自动监测站位于浙江理工大学实验楼顶层(6 楼),该站点分析系统于 2011 年 9 月正式运行。本文主要根据 2013 年~2015 年下沙站 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的日均浓度监测数据,对二者的污染特征进行分析,探讨下沙 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 污染特征。

## 1 仪器与方法

### 1.1 采样分析仪

采用赛默飞世尔科技有限公司提供的 5030 颗粒物同步混合监测仪(SHARP),其主要由切割器采样头、动态加热系统、光浊度计、滤带、信号处理系统和气泵等组成。该仪器量程为 0~1 000 μg/m<sup>3</sup>,最低检出限为 0.5 μg/m<sup>3</sup>(小时分辨率),能较准确地对 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 进行实时连续监测。

### 1.2 分析方法

β 射线光浊度法。具体测量过程为:颗粒物经过特定波长的光路时会产生散射光,光学传感器会对散射光进行测量,其响应和颗粒物的浓度成线性关系,可以连续计算出 1 min 的移动平均值和动态平均值。随后,颗粒物会沉积在玻璃纤维滤带上,在滤带收集颗粒物期间,通过分析 β 射线检测器的信号变化得到一定时段内采集的颗粒物质量数值,结合相同时段内采集的样品的体积,最终报告出采样时段的颗粒物浓度。

## 2 结果与讨论

### 2.1 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 月度均值趋势

分析 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的月均浓度数据,如图 1~3 所示,PM<sub>10</sub> 的月均浓度随着 PM<sub>2.5</sub> 的浓度升高而升高,夏季(6~8 月)的月均浓度最低,且一般 7 月出现全年的月均最低值。冬季(12~2 月)的月均浓度最高,且一般每年 12 月或者 1 月出现月均最高值。分析三年的月均浓度均值图,可明显看到其中 PM<sub>2.5</sub> 浓度基本是随着气候的变化而弧度下降,但 PM<sub>10</sub> 的月均浓度在每年的 2 月份左右会出现转折

点性的下降,2 月份急剧下降,而在 3 月份又上升明显。这与下沙作为典型工业地块有关,每年 2 月份左右是春节放假期间,很多企业停产或者减产,相对应工业污染物排放减少。在此期间,PM<sub>10</sub> 的浓度较 PM<sub>2.5</sub> 下降更为明显,说明工业企业的污染因子对 PM<sub>10</sub> 中较大颗粒的浓度有更大影响。

每年入春后,PM<sub>10</sub> 的浓度均值出现大幅上升,三年的月均浓度图也非常明显的出现了此现象。入春后,北方扬尘南移,导致下沙空气中大颗粒物含量急剧上升,PM<sub>10</sub> 的浓度上升,而 PM<sub>2.5</sub> 的浓度变化不明显。

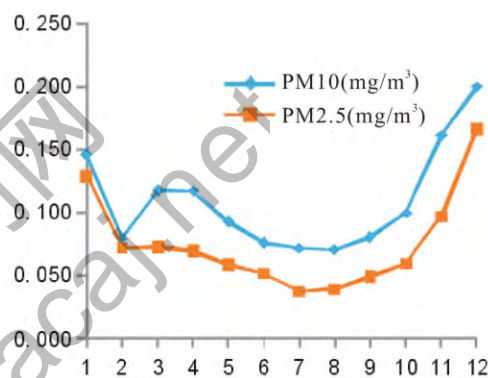


图 1 2013 年月度均值 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 结果

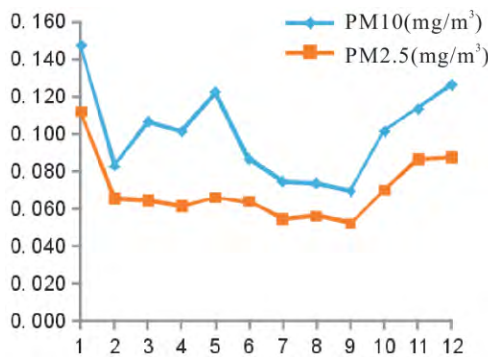


图 2 2014 年月度均值 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 结果

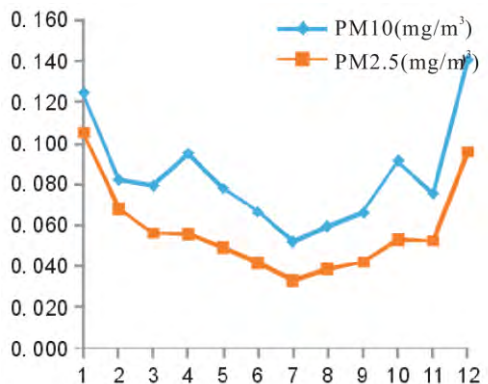


图 3 2015 年月度均值 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 结果

## 2.2 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 四季趋势

根据一般的季节划分,春季为3~5月,夏季为6~8月,秋季为9~11月,冬季为12~次年2月。四季PM<sub>2.5</sub>日均浓度最高值的大小为冬季>秋季>春季>夏季,如表1所示。2013年下沙地区PM<sub>2.5</sub>的日均浓度在0.012~0.441 mg/m<sup>3</sup>之间,最高值出现在冬季,2014年下沙地区PM<sub>2.5</sub>的日均浓度在0.014~0.181 mg/m<sup>3</sup>之间,最高值出现在冬季。2015年下沙地区PM<sub>2.5</sub>的日均浓度在0.004~0.225 mg/m<sup>3</sup>之间,最高值出现在冬季。三年中夏季的最大值在四季中均是最低的<sup>[2]</sup>。

表1 PM<sub>2.5</sub> 趋势分析(mg/m<sup>3</sup>)

| 年度   | 春季    |       | 夏季    |       | 秋季    |       | 冬季    |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 最大值   | 最小值   | 最大值   | 最小值   | 最大值   | 最小值   | 最大值   | 最小值   |
| 2013 | 0.133 | 0.012 | 0.104 | 0.012 | 0.232 | 0.012 | 0.441 | 0.015 |
| 2014 | 0.124 | 0.022 | 0.120 | 0.016 | 0.154 | 0.014 | 0.181 | 0.017 |
| 2015 | 0.110 | 0.110 | 0.016 | 0.082 | 0.004 | 0.120 | 0.015 | 0.015 |

2013年和2015年四季PM<sub>10</sub>日均浓度最高值的大小为冬季>秋季>春季>夏季。2014年春季的最大值在四季中最高,但春季均值并不比冬季高,因此春季日均最大值的出现有一定的偶然性,如表2所示。2013年下沙地区PM<sub>10</sub>的日均浓度在0.010~0.448 mg/m<sup>3</sup>之间,最高值出现在冬季。2014年下沙地区PM<sub>10</sub>的日均浓度在0.014~0.263 mg/m<sup>3</sup>之间,最高值出现在春季。2015年下沙地区PM<sub>10</sub>的日均浓度在0.011~0.295 mg/m<sup>3</sup>之间,最高值出现在冬季。三年中夏季的最大值在四季中均是最低的。

表2 PM<sub>10</sub> 趋势分析(mg/m<sup>3</sup>)

| 年度   | 春季    |       | 夏季    |       | 秋季    |       | 冬季    |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | 最大值   | 最小值   | 最大值   | 最小值   | 最大值   | 最小值   | 最大值   | 最小值   |
| 2013 | 0.256 | 0.012 | 0.151 | 0.018 | 0.291 | 0.010 | 0.448 | 0.012 |
| 2014 | 0.263 | 0.031 | 0.174 | 0.022 | 0.213 | 0.014 | 0.221 | 0.015 |
| 2015 | 0.167 | 0.032 | 0.127 | 0.011 | 0.208 | 0.015 | 0.295 | 0.026 |

PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的冬季均值在四季中均为最高,如表3所示。冬季静稳天气出现的频率较高,有利于污染物的累积和转化,导致颗粒物在冬季的浓度较高。夏季均值在四季中均为最低,夏季降水较多,且气象条件有利于污染物的扩散,因此污染物的浓度也是最低的<sup>[3]</sup>。春秋两季的均值互有高低,但均高于夏季,低于冬季。

表3 四季PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 均值分析(mg/m<sup>3</sup>)

| 年度   | 春季                   |                     | 夏季                   |                     | 秋季                   |                     | 冬季                   |                     |
|------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
|      | PM <sub>2.5</sub> 均值 | PM <sub>10</sub> 均值 | PM <sub>2.5</sub> 均值 | PM <sub>10</sub> 均值 | PM <sub>2.5</sub> 均值 | PM <sub>10</sub> 均值 | PM <sub>2.5</sub> 均值 | PM <sub>10</sub> 均值 |
| 2013 | 0.067                | 0.109               | 0.043                | 0.073               | 0.069                | 0.114               | 0.116                | 0.144               |
| 2014 | 0.064                | 0.110               | 0.058                | 0.078               | 0.069                | 0.095               | 0.087                | 0.112               |
| 2015 | 0.054                | 0.084               | 0.038                | 0.059               | 0.049                | 0.078               | 0.082                | 0.122               |

## 2.3 年度变化趋势

下沙空气中可吸入颗粒物浓度逐年下降,如图4所示,近三年下沙PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的年均浓度连续降低。其中2014年PM<sub>10</sub>的年均浓度较2013年下降8.3%,2015年PM<sub>10</sub>的年均浓度较2013年下降22.9%。2014年PM<sub>2.5</sub>的年均浓度较2013年下降8.0%,2015年PM<sub>2.5</sub>的年均浓度较2013年下降22.7%。年均值呈逐年下降趋势。下沙近三年来加强挥发性有机物VOCs整治,分批推进VOCs污染整治工作,近几年累计实施VOCs整治项目98个,累计投入资金约2.4亿元,每年可减少VOCs排放3500吨。加快黄标车淘汰,截止2015年年底已淘汰黄标车800余辆,对汽车尾气排放加强控制。空气中颗粒物来源广泛、成因复杂。研究表明,按其成因区分,大约50%来自人为源和自然源,如煤场、扬尘、机动车尾气排放、工业生产及发电厂的石油、煤炭燃烧过程的烟尘排放等等。而其余50%则是由于VOCs与空气中的氮氧化物(NO<sub>x</sub>)、二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、氨(NH<sub>3</sub>)等气态污染物在太阳光紫外线照射下发生光化学反应生成的二次颗粒物<sup>[4]</sup>。因此,VOCs排放和汽车尾气对下沙的颗粒物浓度有明显影响。

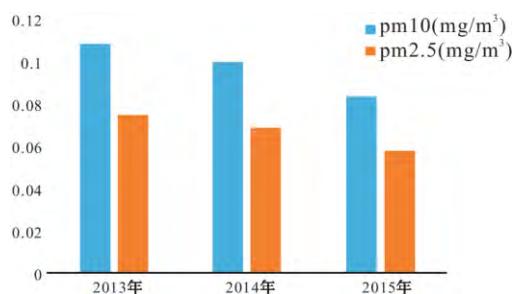


图4 2013-2015年年均值浓度

## 2.4 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 的相关性的分析

将2013~2015年的PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的月均浓度数据进行回归分析,见图5,得出 $y = 1.0759x + 0.02532$ ,相关系数方值为0.857。由此可得,下沙地区PM<sub>2.5</sub>和PM<sub>10</sub>的浓度相关性比较高,且PM<sub>2.5</sub>

在  $PM_{10}$  中比重很大,变化趋势基本一致。经分析可得,与回归方程离散较大的点主要集中在冬季,这与冬季气压低,污染物扩散差,污染情况复杂有关,而冬季春节放假期间,污染物的排放与平时也有所不同,也导致数据的偏离比较大。而比较特殊的 2014 年 5 月份的数据也偏离较大,这与春季有扬风天气有关。偏离情况也与前文分析的情况相符。

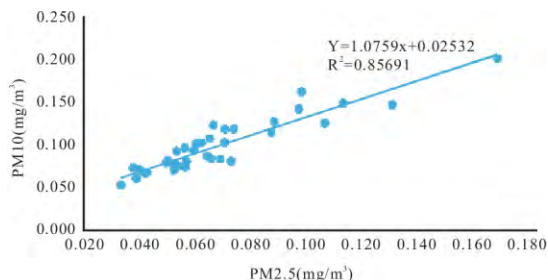


图 5  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的浓度关系

### 2.5 $PM_{2.5}/PM_{10}$ (P) 值特征分析

P 值反映了  $PM_{10}$  中  $PM_{2.5}$  细颗粒的含量。根据 2013~2015 的 36 个月均浓度值的统计,P 值在 0.522~0.903 之间,其中 P 值处于 0.5~0.6 之间有 7 个,P 值处于 0.6~0.7 之间有 16 个,P 值处于 0.7~0.8 之间有 8 个,P 值处于 0.8~0.9 之间有 4 个,P 值大于 0.9 的有 1 个,可见 P 值主要集中在 0.5~0.8 之间。根据统计,P 值大于 0.8 的 5 个点均聚集在冬季,由此可知冬季大气颗粒物中  $PM_{2.5}$  的比重较高。下沙地区冬季空气扩散较差,在  $PM_{2.5}$  排放量一定的情况下,随着空气流通不畅,地区积累的值也越大,以此反应在浓度较高的情况下,P 值也越大,以此也反应出下沙地区的  $PM_{2.5}$  的冬季的积聚效应更大。

## 3 结论

从月度浓度均值分析可知,冬季  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  明显高于其他季节,夏季最低,下沙地处亚热带季风气候带,夏季温度高,空气扩散好,此时空气的

的质量都处于较好水平。而冬季则反之,污染物不易扩散,也导致每年的 12 月与 1 月出现月均最高值。因此,对下沙颗粒物污染影响最大的还是气候环境因素。

工业污染因子对  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的浓度影响也有所区别,特别是下沙春节期间两者的浓度显示,工业地块产生的工业污染因子对  $PM_{10}$  中大颗粒物的贡献较大,相应的入春后北方扬尘南移也对下沙的可吸入颗粒物有较大影响。

$PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的月均值之间均呈高度相关,二者之间的回归关系具有非常显著的线性关系,回归直线关系存在。下沙地区的 P 值较高,说明颗粒物中的可入肺颗粒的比例较高,特别是冬季 P 值最高,也表明冬季的空气颗粒物中  $PM_{2.5}$  的浓度更高, $PM_{2.5}$  的冬季的积聚效应更大,可吸入颗粒物中的可入肺颗粒比例更高,因此下沙冬季的空气污染应引起更大的关注,要充分认识到其危害性和治理控制的难度。

随着逐渐推进的 VOCs 整治以及黄标车淘汰等污染排放控制,2013~2015 年下沙地区空气中  $PM_{2.5}$  和  $PM_{10}$  的年均浓度呈下降趋势,近两年的浓度比 2013 年的浓度有较明显的下降。加强工业污染的管控和减少汽车尾气排放对下沙地块空气质量的改善有明显效果。

## 参考文献

- [1] WIESLAW J, ELZBIETA F, ELZBIETA M, et al. The adverse effect of low levels of ambient air pollutants on lung function growth in preadolescent children [J]. Environmental Health Perspectives, 1999, 107(8): 669-674.
- [2] 王文静. 上海市静安区  $PM_{2.5}$  浓度变化特征及其与  $PM_{10}$  的关系[J]. 北方环境, 2013, 29(2)
- [3] 宋宇, 唐孝炎, 张远航, 等. 夏季持续高温天气对北京市大气细粒子的影响[J]. 环境科学, 2002, 23(4): 332-336.
- [4] 金伟力, 阎野浩志, 等. 挥发性有机物(VOCs)污染空气防治技术[C]. 北京: 北京国际环境技术研讨会论文集, 2013: 72-73.

(上接第 50 页)

[5] 侯兴哲. 超高压输电设施电磁辐射仿真[D]. 重庆: 重庆大学, 2004.

[6] 王琪, 牟童, 何璐. 特高压电网电磁环境研究[J]. 东北电力技术, 2009, 30(11): 15-17.

[7] 胡白雪. 超高压及特高压输电线路的电磁环境研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2006.

[8] 宋晓红. 电网输电系统电磁环境影响初探[J]. 电力环境保护, 2007, 23(2): 54-56.