

# 昆山市夏秋季节大气 PM<sub>2.5</sub> 中水溶性无机阴离子的污染特征

俞梁敏<sup>1</sup>, 杨倩<sup>2</sup>, 邱亮<sup>1</sup>, 顾海东<sup>2</sup>, 孟烨<sup>1</sup>

(1. 昆山市环境监测站, 江苏 昆山 215316; 2. 苏州市环境监测中心站 江苏 苏州 215000)

**摘要:**对昆山市区域7个点位夏秋季的5种水溶性无机阴离子(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、F<sup>-</sup>)的污染特征进行了调查,结果表明,昆山市夏季大气PM<sub>2.5</sub>中5种离子平均值排序为: $\rho(\text{SO}_4^{2-}) > \rho(\text{Cl}^-) > \rho(\text{NO}_3^-) > \rho(\text{F}^-) > \rho(\text{NO}_2^-)$ ;秋季平均值排序为: $\rho(\text{SO}_4^{2-}) > \rho(\text{NO}_3^-) > \rho(\text{Cl}^-) > \rho(\text{F}^-) > \rho(\text{NO}_2^-)$ 。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>和Cl<sup>-</sup>3者的总量在PM<sub>2.5</sub>中占比20%。除F<sup>-</sup>以外各区域离子的平均值秋季比夏季要高。 $\rho(\text{NO}_3^-)/\rho(\text{SO}_4^{2-})$ 表明,固定污染源在昆山市大气颗粒物污染中仍然占很大比重,但大部分测点的比值接近1,说明移动源也是昆山大气颗粒物的重要污染源。

**关键词:**夏秋季;可入肺颗粒物;无机离子;昆山

中图分类号:X832

文献标识码:B

文章编号:1674-6732(2014)05-0044-03

## Pollution Characteristics of Water-soluble Inorganic Ion in Atmosphere PM<sub>2.5</sub> in Kunshan in Summer and Fall

YU Liang-min<sup>1</sup>, YANG Qian<sup>2</sup>, QIU Liang<sup>1</sup>, GU Hai-dong<sup>2</sup>, MENG Ye<sup>1</sup>

(1. Kunshan Environmental Monitoring Station, Kunshan, Jiangsu 215316, China; 2. Suzhou Environmental Monitoring Station, Suzhou, Jiangsu 215000, China)

**Abstract:** The pollution levels of 5 kinds of inorganic anions (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup> and F<sup>-</sup>) in atmospheric PM<sub>2.5</sub> in 7 points in Kunshan were determined synchronously with ion chromatography technique. Results showed that average concentrations of 5 kinds of ions in summer atmospheric PM<sub>2.5</sub> were in order of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > Cl<sup>-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > F<sup>-</sup> > NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, and the autumn average concentration order was SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> > NO<sub>3</sub><sup>-</sup> > Cl<sup>-</sup> > F<sup>-</sup> > NO<sub>2</sub><sup>-</sup>. The amount of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and Cl<sup>-</sup> in PM<sub>2.5</sub> accounted for more than 20%. Besides the F<sup>-</sup> the average concentration of ions in fall was higher than in summer. The value of [NO<sub>3</sub><sup>-</sup>]/[SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>] showed that stationary sources in kunshan atmospheric particulate matter pollution which still accounted for a large proportion. However, most of the ratio of the measuring point is close to 1, which showed that mobile source of pollution was also a major pollution source of atmospheric particulates in kunshan.

**Key words:** Summer and fall; PM<sub>2.5</sub>; Inorganic ion; Kunshan

水溶性离子是PM<sub>2.5</sub>重要的组成部分<sup>[1]</sup>。对于大气气溶胶的产生有着重要的影响。现对昆山市夏秋季节不同区域大气环境PM<sub>2.5</sub>中5种主要水溶性阴离子(SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>以及F<sup>-</sup>)的污染特征进行分析,为大气污染防治提供依据。

### 1 研究方法

#### 1.1 点位布设

在昆山市区域布设7个点位,见表1。每个点采样3d,每天连续采样24h,2013年8月和11月

各采样一次,共获有效样品42个。

#### 1.2 样品采集及处理

使用中流量(100 L/min)采样器(青岛中特1108型大气采样仪和浙江恒达ZC-Q102采样器);滤膜用瑞典Munketll全石英滤膜(MK360,Φ90 mm),采样前在马弗炉400℃加热4h,处在平

收稿日期:2013-12-30;修订日期:2014-06-10

基金项目:2012年昆山市社会发展科技基金资助项目。

作者简介:俞梁敏(1975—),男,高级工程师,本科,主要从事环境监测技术与管理工作的。

展,用铝箔包好。采样前后在温度为 20℃ 和湿度为 50% 的恒温恒湿箱(精宏 HWS-080 型)中平衡 24 h 后用天平(梅特勒托勒多 ME240 型)称量。

表 1 采样点信息

采样点	测点属性	采样季节	采样日期	采样时间
二水厂	居住区	夏季	8月20日	11:08
		秋季	11月7日	16:13
实验小学	中心区	夏季	8月20日	09:50
		秋季	11月7日	15:38
震川中学	城郊区	夏季	8月22日	14:14
		秋季	11月7日	16:08
锦溪干家甸	镇郊区	夏季	8月21日	14:35
		秋季	11月6日	15:50
花桥天福	农村地区	夏季	8月28日	11:32
		秋季	11月4日	10:30
千灯化工区	工业区	夏季	8月26日	10:45
		秋季	11月4日	15:19
周市政府	镇区	夏季	8月20日	14:05
		秋季	11月7日	15:53

### 1.3 样品分析

将已采集样品的滤膜剪成条状碎片,用 10 mL 纯水超声提取 40 min,0.45 μm 滤膜过滤提取液,以 ICS-2100 型离子色谱仪(美国 Dionex 公司)测定其中 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup> 和 F<sup>-</sup> 等 5 种阴离子的含量。

## 2 结果分析

### 2.1 PM<sub>2.5</sub> 质量浓度

昆山市夏秋季各测点 24 h 大气 PM<sub>2.5</sub> 平均值见表 2。

由表 2 可见,夏季各测点 PM<sub>2.5</sub> 平均值均达到国家《环境空气质量标准》(GB 3095-2012)二级标准,其中二水厂达到一级标准;秋季除震川中学和锦溪干家甸达到二级标准外,其余测点全部超标。

### 2.2 PM<sub>2.5</sub> 中阴离子污染特征

夏季和秋季昆山市大气 PM<sub>2.5</sub> 中阴离子的平均值以及在 PM<sub>2.5</sub> 中占比分别见表 3 和表 4。

表 2 各测点夏秋季节 24 h PM<sub>2.5</sub> 平均值

季节	二水厂	实验小学	震川中学	锦溪干家甸	花桥天福	千灯化工区	周市政府
夏季	0.034	0.051	0.048	0.044	0.047	0.064	0.048
秋季	0.127	0.124	0.064	0.055	0.122	0.131	0.096

表 3 夏秋季大气 PM<sub>2.5</sub> 中各离子平均值 μg/m<sup>3</sup>

采样点	季节	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
二水厂	夏季	2.44	2.16	2.81	0.12	—
	秋季	13.5	9.89	3.96	0.08	—
实验小学	夏季	1.91	1.58	1.38	0.01	—
	秋季	18.1	9.61	2.26	—	—
震川中学	夏季	10.4	2.40	3.38	0.04	—
	秋季	5.55	4.14	2.38	0.05	—
锦溪干家甸	夏季	3.90	2.06	2.11	0.05	—
	秋季	1.75	0.76	1.97	0.02	—
花桥天福	夏季	3.78	5.66	1.31	0.04	—
	秋季	12.0	11.7	2.46	0.06	0.005
千灯化工区	夏季	3.25	1.39	3.64	0.12	—
	秋季	11.9	11.1	4.51	0.06	—
周市政府	夏季	5.42	3.55	4.90	0.09	—
	秋季	8.23	6.51	3.53	0.04	0.003
平均	夏季	4.44	2.69	2.79	0.07	—
	秋季	10.1	7.67	3.01	0.04	0.001

表 4 夏秋季大气各离子在 PM<sub>2.5</sub> 中占比 %

采样点	季节	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>
二水厂	夏季	6.9	7.1	9.1	0.28
	秋季	14.0	8.9	4.0	0.10
实验小学	夏季	4.2	3.2	2.8	0.01
	秋季	14.9	7.5	2.0	—
震川中学	夏季	20.3	4.8	7.5	0.12
	秋季	8.3	4.9	3.1	0.08
锦溪干家甸	夏季	9.3	4.1	5.0	0.15
	秋季	3.2	1.5	3.7	0.04
花桥天福	夏季	8.0	12.2	2.7	0.08
	秋季	13.4	13.1	2.8	0.06
千灯化工区	夏季	4.8	2.1	5.3	0.16
	秋季	10.3	10.8	4.4	0.03
周市政府	夏季	12.4	6.8	10.0	0.13
	秋季	11.4	8.4	3.8	0.06
平均	夏季	9.4	5.8	6.1	0.13
	秋季	10.8	7.9	3.4	0.06

由表 3、表 4 可见,夏季大气 PM<sub>2.5</sub> 中各阴离子值为未检出 ~ 10.4 μg/m<sup>3</sup>,在 PM<sub>2.5</sub> 中占比为 0 ~ 20.3%。秋季各阴离子值为未检出 ~ 18.1 μg/m<sup>3</sup>,在 PM<sub>2.5</sub> 中的占比为 0 ~ 14.9%。

秋季与夏季相比,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 和 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 平均值升高,Cl<sup>-</sup> 和 F<sup>-</sup> 值有所下降。这是因为夏季大气 PM<sub>2.5</sub> 是一年中最低的季节,加上雨水较多,大气扩散条件好。夏季离子总量最高的是震川中学,秋季最高的

是实验小学。这2处商业密集,人口众多,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>主要来源为燃料燃烧(如硫煤),可能测点附近有局地污染源如老虎灶等;花桥天福测点位于东城大道西侧,沪宁高速公路以及312国道北,由于受到大量机动车排放的尾气影响,造成NO<sub>3</sub><sup>-</sup>值较高。

夏季SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>和Cl<sup>-</sup>总量占离子总量的99%,在PM<sub>2.5</sub>中占比21.3%;秋季占离子总量的99%以上,在PM<sub>2.5</sub>中占比22.1%,夏秋季在PM<sub>2.5</sub>中的占比非常接近。夏季5种离子平均值大小排

序为: $\rho(\text{SO}_4^{2-}) > \rho(\text{Cl}^-) > \rho(\text{NO}_3^-) > \rho(\text{F}^-) > \rho(\text{NO}_2^-)$ ;秋季平均值排序为: $\rho(\text{SO}_4^{2-}) > \rho(\text{NO}_3^-) > \rho(\text{Cl}^-) > \rho(\text{F}^-) > \rho(\text{NO}_2^-)$ 。与北京等大城市相比,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>的平均值基本相当,Cl<sup>-</sup>高<sup>[2]</sup>。夏季在二水厂和花桥测点,Cl<sup>-</sup>值最高,这与昆山市产业结构有关,IT、线路板、电镀和化工等昆山主导产业均大量使用盐酸,挥发到大气中。

### 2.3 PM<sub>2.5</sub>中阴离子污染来源简析

各测点的 $\rho(\text{NO}_3^-)/\rho(\text{SO}_4^{2-})$ 见表5。

表5 夏秋季节 $\rho(\text{NO}_3^-)/\rho(\text{SO}_4^{2-})$

季节	二水厂	实验小学	震川中学	锦溪干家甸	花桥天福	千灯化工区	周市政府
夏季	0.88	0.83	0.23	0.53	1.50	0.43	0.65
秋季	0.74	0.53	0.74	0.43	0.98	0.93	0.79

由表5可见,除花桥天福在夏季的比值>1外,其余测点在2个季节的比值均<1,说明固定污染源在昆山市大气颗粒物污染中仍占很大比重;但大部分测点的比值接近1,夏季和秋季 $\rho(\text{NO}_3^-)/\rho(\text{SO}_4^{2-})$ 平均值分别是0.72和0.73,说明移动源也是昆山大气颗粒物的重要污染源。

### 3 结论

昆山市夏季大气PM<sub>2.5</sub>中5种离子各测点平均值排序为: $\rho(\text{SO}_4^{2-}) > \rho(\text{Cl}^-) > \rho(\text{NO}_3^-) > \rho(\text{F}^-) > \rho(\text{NO}_2^-)$ ,秋季平均值排序为: $\rho(\text{SO}_4^{2-}) > \rho(\text{NO}_3^-) > \rho(\text{Cl}^-) > \rho(\text{F}^-) > \rho(\text{NO}_2^-)$ 。夏秋季SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>值最高点出现在市区和市郊区等商业和人口密集地,可能是因为在存在局地污染源。夏秋季NO<sub>3</sub><sup>-</sup>浓度最高点均在花桥天福,主要是测点附近

大量机动车所带来的污染造成。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>和Cl<sup>-</sup>是夏秋季昆山大气PM<sub>2.5</sub>中最重要的阴离子,3者的总量在PM<sub>2.5</sub>中占比20%。秋季与夏季相比,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>平均值升高,Cl<sup>-</sup>和F<sup>-</sup>值有所下降。 $\rho(\text{NO}_3^-)/\rho(\text{SO}_4^{2-})$ 表明,固定污染源在昆山市大气颗粒物污染中仍然占很大比重,但是大部分测点的比值接近1,说明移动源的污染也是昆山大气颗粒物的重要污染源。

### 【参考文献】

- [1] 崔蓉,郭新彪,邓芙蓉,等. 大气颗粒物PM<sub>10</sub>和PM<sub>2.5</sub>中水溶性离子及元素分析[J]. 环境与健康杂志,2008,25(4):219-294.
- [2] 余学春,贺克斌,马永亮,等. 北京市PM<sub>2.5</sub>水溶性有机物污染特征[J]. 中国环境科学,2004,24(1):53-57.

(栏目编辑 李文峻)

· 时讯速递 ·

## 江苏全省将开征扬尘排污费

江苏省政府办公厅下发通知,要求各地拿出更严格的“治霾方案”,从明年1月1日起,扬尘排污费的征收将扩大到全省。从江苏省物价局获悉,征收标准最低为1元/(平方米·月),有条件的地区可能会突破1元,征收标准更高。

目前扬尘排污费的征收是针对企业的城市施工工地,从明年起,可能市政建设工程也要缴纳扬尘排污费,比如修地铁、建水利工程、园林项目等市政工程,扬尘排污费也要纳入财政预算范围。扬尘排污费征收、使用是“收支两条线”,纳入同级财政预算,专项用于提升环境质量,并作为扬尘污染防治经费来源。具体流向主要有工地洗轮机安装、重点区域的扬尘监控点建设、吸尘车的租用等。此外,对企业在工地安装工地洗轮机的,也会给予一定的补助。

(摘自江苏环保网)