

南京市城区环境空气中总悬浮颗粒物的源解析

杭维琦¹, 黄世鸿²

(1. 南京市环境监测中心站, 江苏 南京 210013; 2. 南京大学, 江苏 南京 210093)

摘要: 应用受体模式的化学质量平衡法(CMB), 对南京市城区7个环境监测点环境空气中的总悬浮颗粒物(TSP)进行污染源的源解析, 得出4类主要污染源对TSP的平均贡献率: 建筑尘39.8%, 煤烟尘25.7%, 土壤尘19.2%, 冶炼尘1.8%。同时, 对该市城区的地面尘也进行了源解析, 结果表明地面尘与环境空气中TSP的构成相近。

关键词: 总悬浮颗粒物; 化学质量平衡法; 源解析; 南京市; 城区

中图分类号: X 831 文献标识码: A 文章编号: 1006-2009(2000)04-0018-04

The Source Analysis of TSP in Urban Atmosphere of Nanjing

HANG Wei qi¹, HUANG Shi hong²

(1. Nanjing Municipal Environmental Monitoring Station, Nanjing, Jiangsu 210013, China;

2. Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093, China)

Abstract: The pollution source of TSP in urban atmosphere of Nanjing from seven environmental monitoring sites were analyzed by the chemical mass balance method (CMB) based on receptor model. The average contribution of four pollution sources to TSP were that: building dust was 39.8%, coal smoke dust was 25.7%, soil dust was 19.2%, smelting dust was 1.8%. The source of land surface dust was also researched, and its constitution was as same as TSP in atmosphere.

Key words: TSP; Chemical mass balance method; Source analysis; Nanjing; Urban district

搞清各类总悬浮颗粒物(TSP)的排放源及环境空气中TSP的贡献率, 对综合防治南京市环境空气中TSP的污染很重要。为此, 对南京市城区环境空气中的TSP进行源解析。

1 化学质量平衡法原理

化学质量平衡法(CMB)的基础是质量守恒。大气中颗粒物的组分与排放源颗粒物元素成分呈线性组合。设通过采样分析测得的空气中元素*i*的浓度为 $d_i(\mu\text{g}/\text{m}^3)$, 又知某排放源*k*所排放颗粒物中元素*i*的含量为 $x_{ik}(\mu\text{g}/\text{mg})$, 则*k*源在该空气中的占有量 $g_k(\text{mg}/\text{m}^3)$ 应满足式(1):

$$d_i = \sum_{k=1}^n x_{ik} g_k \quad (i = 1, 2 \dots m) \quad (1)$$

式中: *n* —— 颗粒排放源类个数;

m —— 颗粒物中分析的元素数目。

选择所测定的*m*个元素可建立*m*个方程, 只要 $m \geq n$, 就可解出一组 g_k , 即各排放源的贡献量。

2 采样

2.1 污染源样品与地面尘采集

南京市城区环境空气中TSP的污染源采集点见表1。

表1 污染物种类及采集点

污染物种类	采集点
煤烟尘	南京发电厂, 南京第二热电厂, 南京电视机总厂, 南京化纤厂, 南京电视机二厂, 金陵石化行政部
土壤尘	孝陵卫, 浦口沿江, 西善桥地表下的土壤
冶炼尘	南京钢铁厂, 南京第二钢铁厂
建筑尘	建邺路和水西门大街拆迁现场, 金陵水泥厂, 迈皋桥中学施工现场

地面尘采集点: 草场门、中华门、瑞金路、玄武湖、迈皋桥和山西路。

2.2 TSP环境样品的采集

采样日期: 中华门、迈皋桥分别在1998年的

收稿日期: 2000-04-05

第一作者简介: 杭维琦(1966-), 女, 江苏宜兴人, 工程师, 学士, 曾发表论文4篇。

10月和1999年的1月、4月、7月各采样5天。瑞金路、玄武湖、中山陵、草场门、山西路在1999年的1月采样5天。

采样仪器: Kb-6A 大气采样器, 青岛崂山电子仪器设备厂。

采样流量: 90 L/min。

采样时间: 6 h。

采样滤膜: 高纯度的过氯乙烯膜。

采样点位: 见图1。



注: ★为点位: 1—玄武湖点; 2—山西路点; 3—草场门点; 4—瑞金路点; 5—中华门点; 6—迈皋桥点; 7—中山陵点

图1 南京市城区环境空气中TSP采样点位

2.3 样品处理

所有污染源样品和TSP环境样品用X荧光(XRF)作元素分析, 每个样品分析17个元素。对于煤烟尘、建筑尘、土壤尘、冶炼尘和扬尘, 分析前用150目的网筛获取粒径小于100 μm的部分作成分分析, 以便与TSP的粒径相对应。

3 结果与讨论

3.1 TSP的源解析

应用CMB法进行源解析, 把TSP和污染源样品中的元素分析值代入(1)式计算, 建立一组矩阵作多元回归分析, 求出各污染源对TSP的贡献 g_k 。

按照CMB法, 着重选择对于某种源有较强的特征性而在迁移中变化不大的元素作为标识元素。参照国内外资料报道的惯用标识元素, 如土壤中的

Si, 煤烟尘的Al和S, 冶炼尘中的Fe和Mn, 建筑尘中的Ca等, 结合南京市各排放源成分, 通过灵敏试验, 得到17个元素, 从中选取11个元素代入(1)式。参与计算的11个元素值见表2。(1)式中的 d_i 是各监测点TSP样品11种元素的分析值, 见表3(分析值为5个样品的平均值)。各测点各季度的主要排放源对TSP的贡献率见表4。

表2 南京市TSP排放源元素分析值 μg/mg

元素	煤烟尘	冶炼尘	建筑尘	土壤尘
Si	142.13	39.88	154.35	301.92
Al	93.23	19.50	42.33	76.90
Ca	25.83	110.83	240.45	12.81
Fe	115.45	397.33	28.56	38.26
K	6.79	2.91	11.59	19.66
Mg	4.23	19.20	14.98	9.93
Mn	0.57	1.16	0.91	0.46
Na	2.94	1.60	5.01	9.97
Ti	5.80	1.44	2.92	5.09
S	32.19	9.86	12.73	0.29
P	1.44	0.53	0.70	0.75

3.2 结果

3.2.1 南京市燃煤、土壤、建筑及冶金4类源对TSP的贡献总和在80%~90%之间。说明它们是决定该市TSP水平的最主要的贡献者。其他源如海盐粒子、汽车尾气和化学反应产生的二次粒子在构成TSP含量方面并不是主要的。

3.2.2 在上述4类排放源中, 各功能区(中山陵、玄武湖和中华门1999年1月除外)建筑尘的贡献率最大(39.8%)。这一结果是通过TSP与其排放源化学成分内在联系反映出来的。为直观说明这一内在联系, 定义钙硫铝率 $Ca/(S+Al)$, 其中Ca是建筑尘的标识元素, S和Al是煤烟尘的标识元素。若该比例越高, 说明相对煤烟尘而言, 建筑尘的贡献率最高。表5为1999年1月南京市各功能区TSP中的钙硫铝率, 表5中同时也列出了建筑尘和煤烟尘的贡献率。由表5可见, 凡是建筑尘贡献率高于煤烟尘时, $Ca/(S+Al)$ 总大于1, 反之小于1。

这与目前其他城市解析得到的以土壤尘、煤烟尘占第1位的结果不同, 说明南京市随着对燃煤源的治理及城市开发的进展, TSP的来源组成已经有所变化, 反映在TSP方面, 煤烟尘不再是最主要的组成。总体而言, 煤烟尘贡献率为第2, 第3是

表 3 南京市各测点总悬浮颗粒物元素分析值

 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

元 素	1998 年 10 月		1999 年 4 月		1999 年 7 月		1999 年 1 月						
	中 华 门	迈 皋 桥	中 华 门	迈 皋 桥	中 华 门	迈 皋 桥	中 华 门	迈 皋 桥	瑞 金 路	草 场 门	中 山 陵	玄 武 湖	山 西 路
Si	30.88	48.78	24.61	40.01	42.60	41.68	51.95	54.24	45.76	44.26	43.65	30.57	39.93
Al	10.39	14.95	5.63	11.56	9.26	13.02	20.38	19.81	15.71	16.12	14.90	12.04	18.14
Ca	35.52	45.07	17.37	28.14	30.46	30.80	35.22	38.51	41.46	40.27	28.33	23.69	38.87
Fe	4.41	8.53	9.28	14.81	16.86	15.51	7.42	8.39	6.60	6.47	5.72	4.90	7.36
K	7.12	6.99	6.36	7.99	10.81	10.51	10.85	8.76	7.61	7.99	10.27	7.37	6.35
Mg	3.36	6.22	1.90	4.20	3.75	4.68	4.40	5.50	4.13	3.89	4.08	3.19	5.14
Mn	0.17	0.47	0.21	0.31	0.37	0.47	0.29	0.50	0.25	0.25	0.22	0.18	0.30
Na	5.71	6.63	1.94	3.45	3.77	4.17	4.66	5.43	4.87	4.33	7.10	3.17	4.47
Ti	0.70	1.21	0.52	1.00	1.02	1.18	1.22	1.27	1.15	1.08	0.96	1.16	1.13
S	8.66	9.42	10.84	11.99	21.04	12.31	16.32	10.77	10.40	12.65	23.31	27.04	7.08
P	0.30	0.41	0.28	0.47	0.49	0.50	0.49	0.41	0.48	0.42	0.32	0.38	0.43

表 4 南京市主要污染源对各测点 TSP 的贡献率 %

时间	地点	贡献率				
		土壤尘	煤烟尘	建筑尘	冶炼尘	合计
1998 年 10 月	中华门	20.7	20.9	41.0	2.2	84.8
	迈皋桥	22.1	20.6	43.2	2.1	88.0
	中华门	18.2	34.7	31.3	2.3	86.5
	迈皋桥	18.1	20.5	45.6	2.4	86.6
1999 年 1 月	瑞金路	22.2	23.5	40.6	1.3	87.6
	草场门	19.9	24.0	41.7	1.2	86.8
	中山陵	19.6	37.6	28.9	1.9	88.0
	玄武湖	16.7	33.4	31.4	1.5	83.0
	山西路	15.8	29.3	43.2	1.0	89.3
1999 年 4 月	中华门	19.0	22.1	42.2	1.8	85.1
	迈皋桥	20.4	21.2	41.9	2.2	85.7
1999 年 7 月	中华门	17.8	25.3	44.2	1.9	89.2
	迈皋桥	18.6	21.1	42.8	1.6	84.1
全市均值		19.2	25.7	39.8	1.8	86.5

土壤尘, 而冶炼尘贡献率在 5% 以下。

3.2.3 中华门(除 1999 年 1 月)与迈皋桥各源的贡献率季节变化不大, 这也是南京市 TSP 来源的特点之一。与我国北方城市采暖期煤烟尘贡献率陡增的情况相比, 南京有所不同。

3.2.4 中山陵、玄武湖、中华门 1999 年 1 月煤烟尘的贡献率略高于建筑尘, 主要是由于它们是风景名胜, 周围建筑工地少, 建筑尘的局地污染小, 再加上周围的宾馆饭店多, 以及冬季取暖用煤的增加, 导致煤烟尘贡献率居于首位。

3.3 讨论

3.3.1 南京市地面尘的源解析

地面尘经人为活动可成为二次扬尘, 对 TSP 贡献率影响很大, 但它不是一个 TSP 的独立源, 实

表 5 1999 年 1 月南京市各功能区 TSP 钙硫铝率及有关源贡献率

%

项 目	瑞金路	中华门	迈皋桥	中山陵	草场门	玄武湖	山西路
Ca/(S+Al)	1.59	0.95	1.26	0.74	1.40	0.61	1.54
建筑尘贡献率	40.6	31.3	45.6	28.9	41.7	31.4	43.2
煤烟尘贡献率	23.5	34.7	20.5	37.6	24.0	33.4	29.2

际上地面尘是其他各种排放源排放的颗粒沉降地面所致。因此无法在受体模型中单独计算地面尘对环境空气中 TSP 的贡献率。但既然地面尘是其他各种排放源排放颗粒的综合, 故可以把它像环境空气中 TSP 一样作为受体, 通过模型计算各主要源排放颗粒在扬尘中所占的比例。

计算方法是把扬尘的化学成分分析平均值代

入(1)式中的 d_i , (1)式中的 x_{ik} 以表 2 中的排放源值代入, 计算 4 类主要排放源对扬尘的贡献率。表 6 为 6 个扬尘样品元素的分析值。

计算结果是建筑尘贡献率为 42.2%, 煤烟尘为 22.5%, 土壤尘为 19.1%, 冶炼尘为 1.9%。该结果与南京市城区环境空气中的 TSP 源解析结果(平均值)相近。

表 6 南京市地面扬尘元素含量

μg/mg

样品	Si	Al	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ti	S	P
1	227.95	48.10	84.48	32.73	11.62	15.54	0.62	8.23	3.90	6.40	0.92
2	193.08	47.84	107.42	36.23	10.87	13.26	0.70	7.78	4.98	16.48	1.31
3	194.20	48.95	105.28	36.85	10.29	11.70	0.77	6.45	4.44	12.00	1.13
4	185.60	48.74	78.76	36.37	10.96	9.84	0.93	7.78	18.22	19.12	1.18
5	199.11	43.24	112.85	32.59	10.29	13.98	1.16	7.85	3.78	10.12	0.87
6	196.68	48.47	94.84	37.70	11.37	12.06	0.54	7.85	4.68	35.92	0.57

3.3.2 中国其他地区 TSP 的源解析

为了更多地了解南京市环境空气中 TSP 的源解析结果状况, 列出我国其他地区^[1~7]用同样方法测得的 TSP 源解析结果作比较, 见表 7。

表 7 我国若干地区 TSP 源解析结果 %

地点	时间	贡献率			
		土壤尘	煤烟尘	建筑尘	冶炼尘
天津	1985 年(冬)	32.2	41.2	/	14.0
京津地区	1984 年 6 月	49.0	23.8	9.3	6.5
常州	1992 年~ 1993 年	29.4	24.9	25.8	2.5
兰州西固地区	1983 年 12 月	/	33.8	15.4	22.4
河北平顶山工业区	1993 年	44.1	24.0	5.3	11.0
湖北黄石冶炼区	1993 年	43.7	19.1	13.6	18.0
北京东南 40 公里	1993 年	43.0	20.1	10.3	8.5
陕西枣园	1993 年	37.0	26.7	9.3	14.0
	1997 年 8 月	45.0	21.0	21.9	6.9
西安	1998 年 1 月	38.5	37.8	17.4	2.9
	1998 年 4 月	44.4	25.4	19.8	5.8
	1998 年 10 月	35.3	25.8	26.8	6.3
上海	1996 年 5 月 ~ 8 月	27.6	14.8	32.1	24.9

从表 7 可知, 天津、西安等地区是土壤尘对

TSP 贡献率最大, 但到冬季采暖期时煤烟尘的贡献率上升, 超过或接近土壤尘的贡献率, 建筑尘在 4 类源中排列第 3 约占 15%。上海建筑尘对 TSP 贡献率最大, 常州建筑尘对 TSP 的贡献率超过煤烟尘。这些结果反映了我国南北方城市环境空气中 TSP 来源的差别。同时说明南京市城区环境空气中 TSP 的源解析结果与上海、常州相近, 而与天津、西安等地区的 TSP 源解析结果有差别。

[参考文献]

- [1] 戴树桂. 天津市采暖期飘尘来源解析[J]. 中国环境科学, 1986, 6(4): 24~ 30.
- [2] 杨绍晋. 京津地区大气颗粒物的表征及来源鉴别[J]. 环境科学学报, 1987, 7(4): 411~ 423.
- [3] 黄世鸿. 常州市大气气溶胶颗粒物来源解析[J]. 气象科学, 1995, 15(2): 92~ 100.
- [4] 张远航. 兰州西固地区气溶胶污染源鉴别[J]. 环境科学学报, 1987, 7(3): 269.
- [5] 黄世鸿. 我国若干地区气溶胶颗粒物源解析[J]. 南京大学学报(地学专辑), 1996, 32: 3~ 7.
- [6] 谢骅, 黄世鸿. 西安市总悬浮颗粒物(TSP)来源解析[J]. 气象科学, 1999, 9(1): 26~ 32.
- [7] 陈明华. 上海市大气颗粒物高浓度区污染物的源解析[J]. 上海环境科学, 1997, 10: 15~ 17.

本栏目责任编辑 董思文

• 简讯 •

江苏省召开“全省环境空气质量自动监测系统联网工作会议”

6月26日, 由江苏省环境监测中心组织召开了“全省环境空气质量自动监测系统联网工作会议”。参加会议的有已经建成和今年即将建成环境空气自动监测子站的 22 个市(县)站从事环境空气自动监测的技术人员和管理人员, 以及江苏省环境监测中心的有关人员及部分仪器厂商, 中国环境监测总站王瑞斌主任专程来南京参加会议, 并作了《国内外环境空气质量监测技术动态》的报告。会上, 代表们对全省环境空气质量自动监测系统联网方案进行了热烈的讨论, 就联网有关技术问题提出了合理的建议, 部分仪器厂商还演示了各自的数据采集、处理系统。这次会议对江苏省环境空气质量自动监测系统的联网起到了一定的推动作用。

张祥志