

是简单直线上升,而是随着浸渍时间的增长,其浸提液中磷浓度的增大幅度逐步缩小,溶出率逐步下降,至三十天左右基本达到平衡状态,大致稳定在 0.2540 mg/l 上下。

4. 磷的溶出与样品粒度的关系。一般地说在同样条件下,细颗粒比粗颗粒其磷的溶出浓度应有所增大。但是,本次实验结果,两者关系不甚明显,说明在一定粒度范围内,其影响不很大。

四、结核体磷的溶出率和溶出量

1. 磷的相对溶出率。相对溶出率是指某一时段内,磷的溶出量占样品全磷量的百分数。它可反映磷的溶出水平。实验中磷的旬溶出率为 0.0020%,月溶出率仅 0.0025%。由此可见,样品在实验条件下,磷的释放速度很慢,至第三十天左右即达稳定状态。

2. 磷的年溶出量估算。年溶出量是指磷每年从有关地层中溶出的总量。在实验数据的基础上,采用下式进行估算:

$$P_a = P_c \times S \times h$$

式中: P_a ——磷的年溶出总量(kg/a) P_c ——磷的年溶出浓度(mg/l) S ——地层分布面积(m^2) h ——年内入渗水深(m)

依上式算得西湖湖区丁家山地层每年溶出磷的总量约 40 kg。此数相当于整个西湖流域地表迳流输入湖水总磷量的 7% 左右。

五、丁家山地层磷的溶出与西湖水质的关系

丁家山地层是湖区内的一组特殊地层,其中的磷结核体,含磷量均在 2% 以上,分布紧靠湖边并向东北延伸埋入湖底。该地层已出露的面积约占流域总面积的 2.4%。在中亚热带生物、气候条件作用下,结核体中的磷不断经受下渗水流的淋溶而输入湖中。按前式估算,每年从该地层溶出输入湖内的磷,数量虽不大。但实验是在一定条件下的封闭系统中进行的,磷的溶出当会受到某些限制。自然环境是个复杂的开放系统,磷的相对溶出率和溶出浓度,不可能达到稳定的平衡状态。在自然环境中,结核体的磷溶出量,实际上应该远大于 40 kg/a。这些磷若都以水溶态滞留(或富集)水体中,无疑可为浮游藻类的生长繁殖提供丰富的磷素营养,加速导致西湖水体富营养化的发生。

总之,就西湖磷素污染源来说,虽以人为污染为主,但丁家山地层中磷的自然淋溶、迁移和输入,则是个重要而持久的环境地质因素,不宜忽视。

参 考 文 献

- [1] 毛发新等,杭州大学学报,7, 309(1981).
- [2] 何绍箕等,杭州大学学报,1, 104(1980).

北京春季气溶胶中水溶离子特征的探讨

王美蓉 孙庆瑞 杨 鸿 巴素娟

(北京大学技术物理系)

北京气溶胶研究已做过许多工作,主要是测定气溶胶中金属元素的总浓度。对于气溶胶中水溶离子(特别是阴离子)研究较少,

许维光^[1]测定过水溶离子的组成,苏维瀚等^[2]研究了气溶胶中的 SO_4^{2-} 和大气中 SO_2 的关系,我们用离子色谱法测定了中关村地区冬

季气溶胶中水溶离子浓度,并用自变量因变量双重筛选回归分析法研究了冬季气溶胶水溶离子的组成。本文对与冬季差别较大的春季气溶胶水溶部分进行研究。

实 验 方 法

用 KB-120 空气采样泵采样,滤膜采样夹置于百叶箱内,采样高度 1.5 m,滤材为国产过氯乙烯膜,采样地点在中关村。共进行两次集中采样。第一次是 1984 年 3 月下旬至 5 月,第二次是 1985 年 4 月 17 日至 4 月 29 日和 5 月 27 日至 6 月 8 日,一般每天从 7 点至 21 点采样,每个样品采 3 小时以上。采样的同时,还测定了大气中 SO_2 、 NO_2 的浓度。用天津第三分析仪器厂制 KZL- SO_2 监测仪测 SO_2 ,用美制 TE14B/E 型 NO_x 分析仪测 NO_2 。用美制 Dionex 公司的 2010 i 型离子色谱仪分析水溶离子的浓度。水溶 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 分析用 EDTA 络合滴定法。

结 果 与 讨 论

和冬天相比,北京的春天有两个明显特点,一是燃煤大大减少,另一是风砂大。陈宗良等^[3]计算表明风砂土壤对 TSP 的贡献为 48%。我们在四月份采集样品时,正是北京刮风频率最高的月份^[4],风砂土壤的贡献可能更大。在采样期间,既有整天刮大风的天气,也有不刮风的天气,1985 年 4 月份采样的 13 天中,就有 1/3 的大风天(风力四级以上为大风,下同)。从采集的样品颜色也很容易区分天气的变化,无风时样品呈黑色(风力一、二级为无风,下同),这时人为源起重要作用;大风时样品呈黄色,这时天然源起主要作用;小风样品的颜色处于黑黄色之间。为了研究风砂、扬尘对春季气溶胶的影响,将大风天采集的黄色样品和基本无风时的黑色样品分别平均,列于表 1。往年春季很少降雨,但 1985 年 5 月降过几次雨,故将 1985 年 5—6 月的数据单独平均,代表多雨天气的情况。表

1 还列出冬季(1983.12—1984.2)平均值以便比较。

由表 1 可求出大风时这些水溶离子占 TSP 的 3.3%,1985 年 4 月 18 日 7—10 点刮大风(风力 6—7 级)时 TSP 高达 $1227 \mu\text{g}/\text{m}^3$,其中水溶离子只占 TSP 的 2.9%,而基本无风时,水溶离子占 TSP 的 10.7%,与冬季的 9.6% 相近。这说明风砂天虽然 TSP 增加很多,但它提供的水可溶物不多,即气溶胶中水溶部分主要不是来源于风扬尘。

在 5—6 月采样时,由于雨水对气溶胶的冲刷作用,使 TSP 值大幅度下降,但水溶离子在大气中的浓度仍和无风时相近,所以,多雨时水溶离子占 TSP 的比例提高到 19.2%。

春季无风时测得的平均浓度值代表春天的污染程度,将冬季平均值与它相比可以看出,除 NO_3^- 浓度大于冬季以外,其余各项春季无风时的平均值都低于冬季。其中降低得最多的是 SO_2 ,冬季是春季无风时的 4.6 倍。其次是 SO_4^{2-} ,冬季是春季无风时的 2.4 倍。这说明冬季采暖用煤在大气污染中具有突出的地位。

从 SO_2 和 NO_x 的来源考虑,冬季由于用煤多,在燃烧过程中,排放 SO_2 ,也排放 NO_x ,即在总的 NO_x 中燃煤的贡献大,表现在 SO_2 与 NO_2 的相关关系密切,相关系数

$$r = 0.822.$$

而春季,由燃煤贡献的 NO_x 变小,其他源(特别是汽车尾气)的贡献相对增加,这种贡献不随季节变化。由于这个原因,使 1985 年 4 月测得的 SO_2 与 NO_2 的相关系数下降至 0.713。

近来,北京汽车增加较快,为了说明汽车排放对大气污染的贡献,我们把 1984 年 3 月下旬—5 月和 1985 年 4—6 月的监测结果进行比较,列于表 2。

表 2 给出的数据是较长时间和较多样品的平均值,能代表污染的平均水平。其中 TSP、 SO_4^{2-} 平均浓度变化不大,但 1985 年硝酸盐比 1984 年增加了 85%, NO_2 也有增加

表 1 气溶胶水溶离子 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 和大气中 SO_2 、 NO_2 的平均浓度 (ppb)

季节	日期	天气	项 目	TSP	Na^+	NH_4^+	K^+	SO_4^{2-}	NO_3^-	Cl^-	F^-	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	SO_2	NO_2
春	1985.4	大风	平均浓度	621	1.5	0.37	1.3	5.0	1.8	2.4	0.6	7.6	8.1	5.5
			标准偏差	209	1.7	0.30	0.7	2.7	1.6	2.9	0.3	3.0	4.0	1.7
			重量百分含量(%)		0.24	0.06	0.21	0.81	0.29	0.39	0.10	1.2		
		无风	平均浓度	442	1.5	2.4	1.9	11.7	12.8	3.8	1.2	12.3	21.9	14.9
			标准偏差	142	0.8	1.8	0.7	4.7	9.1	2.3	0.8	5.1	12.3	3.8
			重量百分含量(%)		0.34	0.54	0.43	2.6	2.9	0.86	0.27	2.8		
	1985.5—6	多雨	平均浓度	240	1.3	2.0	1.1	16.8	8.5	2.3	0.9	13.2	9.6	15.6
			标准偏差	113	1.1	2.1	0.5	11.0	5.2	1.9	0.5	5.4	6.3	6.0
			重量百分含量(%)		0.53	0.83	0.46	7.0	3.5	0.96	0.38	5.5		
冬	1983.12—1984.2		平均浓度	701	1.6	4.3	2.0	28.5	7.8	7.0	1.3	14.6	100	25
			标准偏差	412	1.3	3.0	1.2	17.3	5.4	5.6	0.9	9.6	110	17
			重量百分含量(%)		0.23	0.61	0.29	4.1	1.1	1.0	0.19	2.1		

表 2 监测结果的比较

日 期	采样 天数	样品 数	平均浓度 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
			TSP	SO_4^{2-}	NO_3^-
1984 年 3—5 月	8	32	424 ± 348	11.1 ± 9.1	4.4 ± 3.3
1985 年 4—6 月	18	48	417 ± 206	11.7 ± 9.8	8.1 ± 7.4

的趋势,这可能由于近来北京地区的汽车迅速增加,汽车尾气对大气的污染也显得越来越重要了。

为了进一步研究春季气溶胶各变量之间的关系,对变量进行了回归处理^[5],由它们之间的相关关系可得出以下几点看法。

1. 存在与燃煤有关的 Cl^- 源

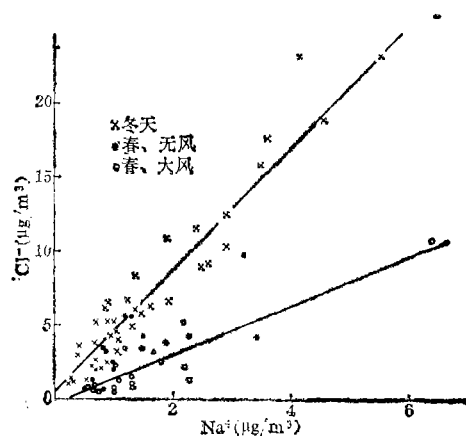
图 1 是 Na^+ 和 Cl^- 的相关图。其回归方程为:

$$\text{春季大风 } [\text{Cl}^-] = -0.323 + 1.71[\text{Na}^+]$$

$$r = 0.978$$

$$\text{冬季 } [\text{Cl}^-] = 0.420 + 4.15[\text{Na}^+] \quad r = 0.941$$

在春季大风的回归方程中,斜率 1.71,计算大风时的 14 个样品 $[\text{Cl}^-]/[\text{Na}^+]$ 比,其比的平均值为 1.44 ± 0.43 ,与 Cl 、 Na 原子量之比 1.54 相近,说明大风时气溶胶水溶部分的氯、钠主要以 NaCl 形式存在。而无风时 $[\text{Cl}^-]/[\text{Na}^+]$ 之比的平均值为 2.6 ± 1.1 ,此值远大于氯、钠原子量之比,即在春季无风时,

图 1 Na^+ 和 Cl^- 的相关图

气溶胶中的 Cl^- 含量大于形成 NaCl 所要求的 Cl^- 量,说明无风时气溶胶中除有 NaCl 外,尚有另外的氯化物存在。由图 1 和上述回归方程可看到,冬天的 $[\text{Cl}^-]/[\text{Na}^+]$ 值更大(斜率为 4.15),这进一步说明存在与燃煤有关的 Cl^- 源。

2. 气溶胶中存在 NH_4NO_3

图 2 是 NO_3^- 与 NH_4^+ 的关系图,计算得到的回归方程为:

$$\text{无风 } [\text{NH}_4^+] = 0.038 + 0.180[\text{NO}_3^-] \quad r = 0.913$$

1985, 4 月采集的全部样品*

* 其间有刮风和无风的情况

$[\text{NH}_4^+] = 0.093 + 0.178[\text{NO}_3^-]$ $r = 0.925$
1985, 4—6 月采集的全部样品*

$[\text{NH}_4^+] = 0.036 + 0.187[\text{NO}_3^-]$ $r = 0.904$
这三个方程的截距都很小,斜率相当接近,相关系数都相当大,说明春季不论大风、无风还是多雨天气, NH_4^+ 和 NO_3^- 同步变化,可用一条回归线表示,说明两离子主要以 NH_4NO_3 的形式存在于大气中. 由图 2 还可以看到大风时 NH_4^+ 和 NO_3^- 的浓度都小,说明风扬尘不提供 NH_4NO_3 , 它来源于人为源. 大风时浓度变低是由于 NH_4NO_3 存在于细粒子,它们在大风时易于扩散的缘故.

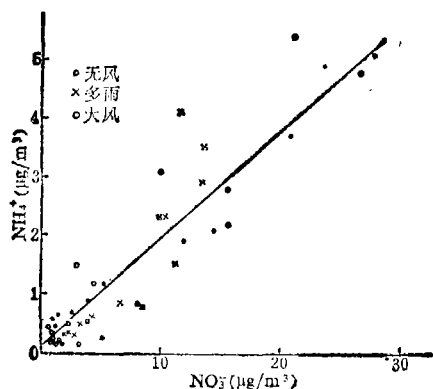


图 2 NO_3^- 与 NH_4^+ 的关系图

和冬季相比, 冬季 NH_4^+ 与 NO_3^- 的关系比春季差, 相关系数只有 0.694, 所以春季气溶胶中含较多的 NH_4NO_3 是一突出的特点. 而冬季 NH_4^+ 与 SO_4^{2-} 的相关系数为 0.871, 春季 NH_4^+ 与 SO_4^{2-} 的关系如何? 为了研究这个问题, 做了 NH_4^+ 和 SO_4^{2-} 的关系图 (图 3). 图 3 和图 2 完全不同, 大风和无风是两条线. 无风时由于人为源起主要作用, 随 NH_4^+ 浓度增加, SO_4^{2-} 也明显增加, 相关系数为 0.798, 比冬天的相关系数低, 故可认为冬季的铵盐主要以硫酸铵盐形式存在, 春季无风时主要以硝酸铵形式存在. 大风时, 随 SO_4^{2-} 浓度的增加, NH_4^+ 浓度变化不大, 且浓度也低, 可以为大风时几乎不存在硫酸铵, 这与林国珍等^[6]用 X 射线衍射法测得大风时无

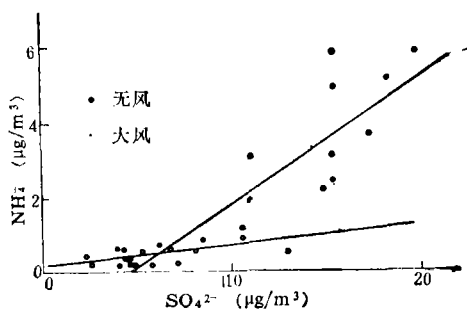


图 3 NH_4^+ 和 SO_4^{2-} 的关系图

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 的结论是一致的. 此外, 由于风扬尘不提供 NH_4NO_3 , 如将 NO_3^- 对 SO_4^{2-} 作图, 也得到与 $\text{NH}_4^+ - \text{SO}_4^{2-}$ 类似的图 (图略), 分为无风和大风两种情况, 这进一步说明 NH_4NO_3 主要来源于人为源, 而硫酸盐与风扬尘的贡献有关.

3. 硫酸盐的来源

为了研究硫酸盐的来源, 我们做了 SO_4^{2-} 对 TSP 的图 (见图 4). 图 4 和预料的一样,

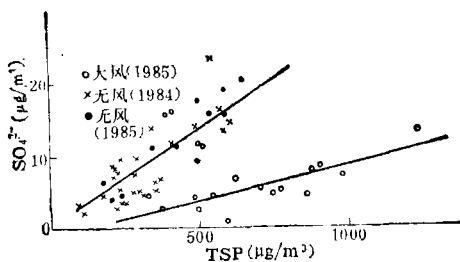


图 4 SO_4^{2-} 与 TSP 关系图

得到无风和大风两条斜率不同的线, 其回归方程为:

大风 (1985, 4 月)

$$[\text{SO}_4^{2-}] = -1.14 + 0.0096[\text{TSP}] \quad r = 0.795$$

无风 (1985, 4 月)

$$[\text{SO}_4^{2-}] = -0.30 + 0.027[\text{TSP}] \quad r = 0.844$$

无风 (1985, 4 月和 1984, 3—5 月)

$$[\text{SO}_4^{2-}] = -0.65 + 0.028[\text{TSP}] \quad r = 0.820$$

两种情况的相关系数都较大, 但斜率相差很远, 即大风和无风时两种气溶胶中水溶硫酸

* 包括无风、刮风和多雨天气的样品

盐浓度有显著差异。大风时 TSP 主要由风扬尘决定,此时的 SO_4^{2-} 也主要来于风扬尘,它占 TSP 的 $(0.8 \pm 0.3)\%$,无风时 TSP 主要由人为源决定, SO_4^{2-} 占 TSP 的 $(2.7 \pm 0.7)\%$,冬季由于气溶胶中 SO_4^{2-} 浓度较高, SO_4^{2-} 占 TSP 的 $(4.1 \pm 1.5)\%$ 。由此可见,水溶硫酸盐有燃煤排放的 SO_2 转化成的硫酸盐和风扬尘两个主要来源,并以前者为主。

另外,春季 SO_2 浓度下降很多,由 SO_2 转化成的硫酸盐在总的硫酸盐中比例下降,又由于春季风扬尘大,来自风扬尘的硫酸盐与 SO_2 无关,故春季 SO_2 与 SO_4^{2-} 的相关系数只有 0.632 (冬天为 0.918),这也证实了春季气溶胶中来自风扬尘的硫酸盐比例升高。

在 SO_4^{2-} 与阳离子的相关中,以 Ca^{2+} 最

好,并且无风和大风两种情况的回归方程相似,

无风 $[\text{SO}_4^{2-}] = 0.38 + 1.02[\text{Ca}^{2+}] \quad r = 0.949$
无风和大风

$[\text{SO}_4^{2-}] = -1.9 + 1.14[\text{Ca}^{2+}] \quad r = 0.932$
说明气溶胶中可能存在 CaSO_4 。

参 考 文 献

- [1] 许维光,中国环境科学, (4), 51(1981).
- [2] 苏维瀚等,环境化学, 4(1), 55(1985).
- [3] 陈宗良等,环境化学, 4(2), 72(1985).
- [4] 陈静生等,中国环境科学, 4, 10(1984).
- [5] Harrison, R. M. et al., *Environ. Sci. Technol.*, 17, 169(1983).
- [6] 林国珍等,环境科学学报, 3(4)310(1983).

重金属污染的稻田土壤中动物群落的研究*

王振中 张友梅 贺跃明 周海鱼 连捷元

(湖南师范大学地理系)

(湘潭市环境保护监测站)

农田是一个由土壤、生物、作物组成的复杂多相系统,随着现代工业的发展,大量“三废”未经综合处理进入农田,影响了农田生态系统的平衡,栖息于土壤中的大量土壤动物则由于污染物的富集而减少。从湘潭锰矿废水污灌稻田中土壤动物的调查可以看出,土壤动物是反映环境污染的敏感指标^[1],我国这方面目前报道甚少,因此,进行环境污染地区农田土壤动物群落结构的研究,可为环境污染的监测和治理提供一定依据。

一、调 查 方 法

锰矿在开采和工艺流程中,排放的废水通过溪沟进入湘江,沿溪沟两侧的稻田由于引沟水灌溉而受到了污染,污染严重的稻田

土壤由于锰的大量沉积,形成了褐色的“锰泥”。野外调查路线的选择,系沿溪沟的水平 and 垂直方向选点,共选择了十个调查点,并在不受污灌影响的稻田里取了一个对照点(图1),其中重污染稻田和对照田分层取了样,其他各点只取了耕作层样。取样方法,在面积为 $50 \times 50 \text{ cm}^2$ 样方内取 50 cm^2 为一个土样,共取 78 个土样,带回室内分别用 Tullgren 法(干漏斗法)和 Bearnann 法(湿漏斗法)分离提取土壤动物。在体视显微镜下进行分类鉴定和计数,根据青木淳一的土壤动物概略检索表进行分类^[2],并参考了陈义著《无脊椎动物学》等文献。

* 范玉兰,胡觉莲同志协助进行了土壤有机质, pH 值等指标的分析,谨此致谢。