

临安大气污染本底站气溶胶特征分析

杨东贞 于晓岚 李兴生

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

王 超

(国家卫星气象中心, 北京 100081)

Parungo F., Nagamoto C.

(Air Resource Laboratory, NOAA / ERL U.S.A.)

提 要

本文分析和讨论了 1991 年 8 月上旬至 11 月下旬在浙江临安大气污染本底站 (属 WMO) 所监测的大气气溶胶及气溶胶中元素和离子的浓度、浓度的粒径分布、富集程度、型态特征及其相互关系等物理化学特征, 还讨论了天气及某些气象要素对气溶胶浓度分布特征的影响, 对气溶胶的来源也作了简单探讨。

关键词: 气溶胶, 浓度, 粒径分布。

一、引 言

天气和气候的某些变化在一定程度上受人类活动影响。温室气体 (如 CO_2 , CH_4 等) 引发的全球增暖, 氟氯碳的广泛使用导致平流层臭氧的破坏, 硫酸盐浓度的增加能改变云物理特征。最近又发现气溶胶对臭氧的破坏具有反效应^[1], 对辐射有“阳伞效应”。这一切都能改变大气环境。因此有必要弄清空气中每一种污染物的循环、源汇、输送、分布和干湿沉降及它们之间的相互作用, 这样人们才能定量地分析这些污染物对天气气候的影响, 正确地预报气候变化趋势。本文重点讨论浙江临安地区气溶胶的物理化学特征。所监测的数据和计算结果可作为区域空气质量的代表, 并对研究西太平洋和东亚大陆之间大气相互作用提供依据。

二、气溶胶的测量方法和仪器

气溶胶样品共用三种仪器测量和采集:

- 1) KB-120 大气采样器, 流量为 100–110 L/min, 样品在白天 (上午 8:00 至下午 8:00) 和夜间 (下午 8:00 至次日上午 8:00) 各采一个。
- 2) 安德森 (Andersen) 分级采样器: 共分 8 级, 各级粒径为, 1 级: $>11.0 \mu\text{m}$;

1993 年 7 月 17 日收到, 1994 年 1 月 25 日收到修改稿。

2 级: $7.0\text{--}11.0\ \mu\text{m}$; 3 级: $4.7\text{--}7.0\ \mu\text{m}$; 4 级: $3.3\text{--}4.7\ \mu\text{m}$; 5 级: $2.1\text{--}3.3\ \mu\text{m}$; 6 级: $1.1\text{--}2.1\ \mu\text{m}$; 7 级: $0.65\text{--}1.1\ \mu\text{m}$; 8 级: $<0.65\ \mu\text{m}$ 。流量为 $28.3\ \text{L}/\text{min}$ 。以上两种采样器均用美国生产的太氟隆 (Teflon) 膜, 采样前膜经恒温恒湿处理和称量, 采样后进行同样处理。

3) 4 级格栅碰撞器: 用贴上涂有碳的聚醋酸甲基乙烯酯膜的玻璃片分级 (4 级) 插入采样头进行抽气采样。1 级: 粒径 $d > 5.0\ \mu\text{m}$; 2 级: $2.0\text{--}5.0\ \mu\text{m}$; 3 级: $0.7\text{--}2.0\ \mu\text{m}$; 4 级: $d < 0.7\ \mu\text{m}$ 。流量为 $17.5\ \text{L}/\text{min}$ 。

气溶胶太氟隆膜的样品用中子活化 (NAA) 和质子激发 X 射线能谱 (PIXE) 分析气溶胶中诸元素含量, 用离子色谱 (IC) 分析其可溶于水的离子浓度。

4 级格栅碰撞器所采集的样品用电子显微镜做气溶胶粒子的数浓度和型态特征分析, 并且鉴别每个粒子上是否附有硫酸盐^[2,3]。

三、监测和分析结果

1. 气溶胶的质量浓度 TSP (Total Suspended Particle)

51 个样品的气溶胶 TSP 浓度平均值为 $242.1\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, 标准差 (SD) 为 43.1, 这表明该地区大气中尘埃含量很大, 污染严重。白天气溶胶 TSP 浓度 (27 个样品) 平均值为 $234.0\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SD=42.86$; 夜间 TSP 浓度 (24 个样品) 平均值是 $248.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SD=43.32$, 设置信限为 95%。从统计上考虑白天与夜间的差异不明显。原因是白天虽然气象条件较之夜间更有利于气溶胶微粒扩散稀释, 但由于人类活动频繁比夜间产生更多的气溶胶, TSP 浓度昼夜差别不大。

2. 气溶胶的元素浓度和富集因子

51 个样品作了 NAA 和 PIXE 分析, 共分析 46 个元素。NAA 分析的元素有: Na、K、Sc、Cr、Fe、Co、Ni、Zn、Ga、As、Se、Br、Rb、Zr、Mo、Ag、Sb、Cs、Ba、La、Ce、Nd、Sm、Eu、Tb、Yb、Lu、Hf、Ta、W、Au、Th、U、Mg、Al、Cl、Ca、Ti、V、Mn、Cu、In、I; PIXE 分析的元素为: Si、S 和 Pb。

富集因子按下式计算, $EF=(X/\text{Fe})_a/(X/\text{Fe})_c$, 式中 $(X/\text{Fe})_a$ 为气溶胶样品中该元素 X 与 Fe 的浓度之比, 而 $(X/\text{Fe})_c$ 为地壳中该元素 X 与 Fe 浓度之比, Fe 为参考元素。地壳元素浓度值取自 Mason^[4] 的数据。表 1 给出元素浓度的平均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 和富集因子。

由表可知各元素浓度自大到小的排列是 $\text{S} > \text{Si} > \text{Ca} > \text{Al} > \text{K} > \text{Fe} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Cl} > \text{Pb} > \text{Ti} > \text{Zn}$ 等, 这个顺序表明气溶胶以硫的污染物和地壳尘埃为主要成分。

根据监测和分析, 诸样品中以元素 Pb 和 S 在气溶胶中富集最高。Pb 的 $EF > 10^4$, S 的 $EF > 10^3$; 其次是 I、Br、Cl、Sb、Se、Cr、Ag 和 Ga, 它们的 $EF > 10^2$; Zn、As、Mo、In、Cs、W 和 Au 的 $EF \geq 10$ 。地壳元素诸如 Ba、Ca、Co、Ce、Eu、Fe、Hf、K、La、Lu、Mn、Nd、Ni、Rb、Si、Sc、Sm、Ta、Tb、Th、V 和 U 其 EF 一般小于 5。常见的海盐元素如 Na、Cl、Mg、Br 和 I 其 EF 值范围很宽, 各元素的 EF

表 1 气溶胶中元素的平均浓度 (ng / m³) 和平均富集因子 (EF) (置信度为 95%)

元素	浓度	EF	元素	浓度	EF
Na	1534.84 ± 394.266	1.5 ± 0.2	Zr	21.24 ± 7.72	75.1 ± 32.5
Mg	295.53 ± 293.32	1.8 ± 0.5	Mo	3.08 ± 0.35	58.3 ± 12.9
Al	4461.14 ± 595.97	1.5 ± 0.1	Ag	0.53 ± 0.09	245.2 ± 47.2
Si	8073.19 ± 1278.95	0.8 ± 0.1	In	0.24 ± 0.04	82.3 ± 23.3
S	10727.87 ± 1657.43	1544.5 ± 403.3	Sb	2.84 ± 0.62	424.0 ± 83.3
Cl	694.60 ± 305.82	136.7 ± 51.0	I	12.98 ± 3.44	770.8 ± 182.3
K	2802.94 ± 881.42	3.7 ± 1.6	Cs	1.58 ± 0.27	16.1 ± 2.9
Ca	7036.86 ± 1213.10	5.2 ± 0.5	Ba	49.13 ± 8.55	3.2 ± 0.3
Sc	0.62 ± 0.10	0.7 ± 0.0	La	2.54 ± 0.38	2.3 ± 0.1
Ti	238.76 ± 53.1	1.3 ± 0.2	Ce	4.77 ± 0.68	2.2 ± 0.1
V	5.88 ± 0.3	1.2 ± 0.1	Nd	1.15 ± 0.48	0.9 ± 0.3
Cr	9.59 ± 2.05	2880.3 ± 48.7	Sm	0.38 ± 0.06	1.6 ± 0.1
Mn	68.72 ± 11.35	1.9 ± 0.2	Eu	0.12 ± 0.01	3.7 ± 0.8
Fe	1974.59 ± 308.38	1.5 ± 0.7	Tb	0.07 ± 0.02	2.2 ± 0.8
Co	1.04 ± 0.15	1.5 ± 0.7	Yb	0.13 ± 0.03	1.1 ± 0.2
Ni	3.14 ± 2.27	1.5 ± 1.3	Lu	0.03 ± 0.01	1.7 ± 0.2
Cu	13.72 ± 6.52	7.8 ± 3.8	Hf	0.32 ± 0.05	2.8 ± 0.3
Zn	160.79 ± 30.77	71.5 ± 13.3	Ta	0.07 ± 0.02	1.0 ± 0.7
Ga	10.75 ± 6.20	350.8 ± 287.6	W	0.89 ± 0.18	15.7 ± 3.1
As	0.70 ± 0.13	9.7 ± 1.3	Au	0.01 ± 0.00	76.7 ± 12.4
Se	3.81 ± 0.56	238.7 ± 42.2	Pb	263.98 ± 39.38	44796.0 ± 8406.3
Br	17.22 ± 6.53	175.0 ± 33.6	Th	0.87 ± 0.14	2.3 ± 0.1
Rb	13.30 ± 2.04	5.1 ± 1.6	U	0.33 ± 0.05	3.4 ± 0.3

之间没有任何相关，这意味着它们的源不仅限于海盐。虽然临安离海岸不到 100 km，但 Na 的 EF 最大值为 3，可见海盐对该地区的总气溶胶的贡献不是主要的。

3. 气溶胶中的离子浓度

气溶胶样品中可溶于水的离子用 IC 分析。分析的离子是：Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、NH₄⁺、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺。由于气溶胶中所含的 Cl、K、Ca 和 Mg 的成分不是全部都能溶解于水，因此所测的离子浓度一般都低于 NAA 和 PIXE 的分析结果。

表 2 为各离子浓度的平均值(置信度为 95%)。由表可知以 SO₄²⁻ 浓度为最高，Mg²⁺ 为最低，其值的顺序为 SO₄²⁻ > NH₄⁺ > Ca²⁺ > K⁺ > NO₃⁻ > Na⁺ > Cl⁻ > Mg²⁺。由于许多离子诸如碳酸盐和有机离子不能被测定，所以阴离子当量总和不等于阳离子当量总和。

表 2 气溶胶中离子平均浓度 (μg / m³)

离子	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	Na ⁺	K ⁺	NH ₄ ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
浓 度	15.12	1.80	0.57	1.66	2.02	3.00	2.15	0.22
标准差	1.96	0.59	0.35	0.60	0.63	0.41	0.50	0.06

硫酸根 SO_4^{2-} 的平均浓度白天为 $14.57 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SD=6.60$; 夜间为 $15.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SD=7.84$ 。白天和夜间的浓度差异不大, 原因是滤膜采样时间长达 10 小时左右, 如此长的时间一般不可能有好的时间分辨率。

硝酸根 NO_3^- 的平均浓度白天为 $1.81 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SD=2.08$; 夜间为 $1.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $SD=2.12$, 两者差异很小, 原因同上。另外, 由 NO_2 的光氧化作用产生的硝酸盐白天比夜间多, 使得日夜差异变小。

4. 气溶胶粒径分布

(1) 气溶胶的 TSP 浓度和元素浓度的粒径分布: 图 1 给出了 TSP 浓度和元素 Al、Fe、Co、Sc、Si、S、As 和 Sb 浓度的粒径分布。元素 Al、Fe、Co、Sc 和 Si 的最大质量浓度位于第 4 级 ($3.3-4.7 \mu\text{m}$), 约有 80 % 以上的质量分布在前 6 级。它们的成分主要是地壳尘埃。TSP 浓度在各级都比较均匀, 最大值和最小值的差别不大。元素 S、As 和 Sb 浓度的粒径分布特征是它们的最大值均分布在最小粒径 ($d < 0.65 \mu\text{m}$) 内, 约有 60 % 以上的质量属次毫米粒子, 这些微粒可能是由于高温燃烧使气体转化为微粒物质所致。

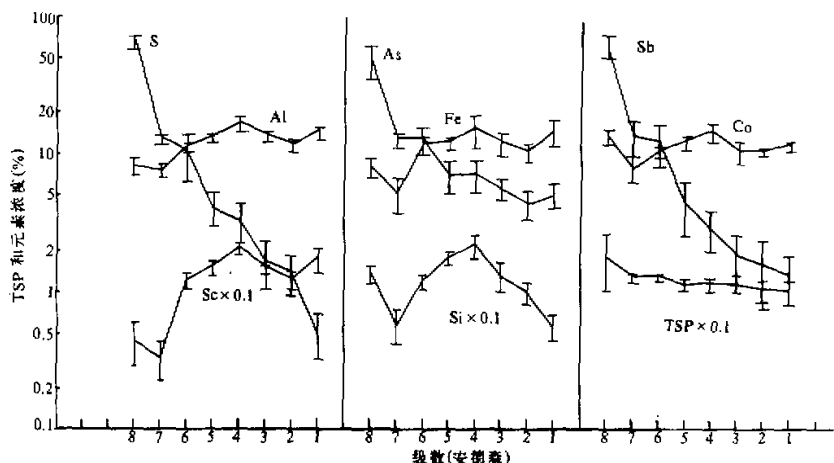


图 1 TSP 和元素浓度的粒径分布

(2) 离子浓度的粒径分布: 图 2 给出 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 和 Ca^{2+} 浓度的粒径分布。 SO_4^{2-} 浓度的最大值位于最小粒径上 ($d < 0.65 \mu\text{m}$), 而且有 80 % 以上的质量分布在小粒径组内 ($d < 1.1 \mu\text{m}$); 相反, NO_3^- 几乎全部都在大粒子组内 ($d > 2.1 \mu\text{m}$), 其最大值位于第 4 级 ($3.3-4.7 \mu\text{m}$), Cl^- 分布在前三级, $d < 4.7 \mu\text{m}$ 的粒子几乎没有。 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 和 Cl^- 三者分布特征表明它们有不同的源和形成的机制。 Cl^- 可能存在于海盐或土壤微粒中, 粒子一般较大。大部分 SO_4^{2-} 的形成过程可能是通过 SO_2 的光化学氧化作用变成 H_2SO_4 , 然后再通过均相成核作用与大气中 NH_3 反应产生 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 或 NH_4HSO_4 。另外, 小部分 SO_2 和 H_2SO_4 气体通过多相成核作用由

气体转化成 SO_4^{2-} 粒子并附着在大粒子上。大多数的 NO_3^- 是通过 NO_2 光氧化成 HNO_3 气体, 经多相成核作用而形成并附着在粒子上。因此, NO_3^- 粒径分布很象地壳元素 Si、Al 和 Sc 的分布特征。

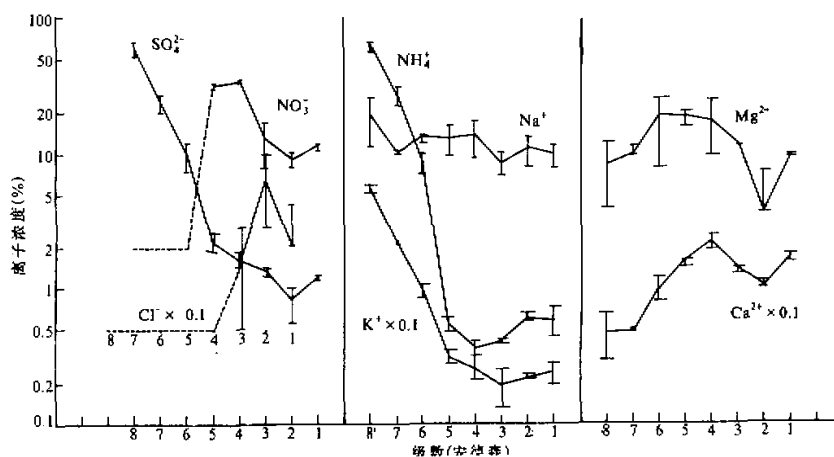


图2 离子浓度的粒径分布 (虚线为未检出)

NH_4^+ 浓度的粒径分布类似于 SO_4^{2-} , 它只有 2% 的质量分布在大粒子中 ($d > 2.1 \mu\text{m}$), 而 SO_4^{2-} 有 20% 在大粒子中, 这表明在小粒子中 SO_4^{2-} 与 NH_4^+ 相结合, 在大粒子中 SO_4^{2-} 与其他阳离子相结合。 K^+ 的粒径分布也倾斜于小粒子, 这一点它不同于其他土壤元素, 因为当地经常烧荒, 可能会产生许多含 K^+ 的气溶胶小微粒。 Na^+ 、 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的粒径分布很相似, 它们的最大值均在第 3 级, 这种分布特征类似于元素 Al、Fe、Sc 和 Si 的分布 (见图 1)。气溶胶中大粒子可能是由这些元素组成。

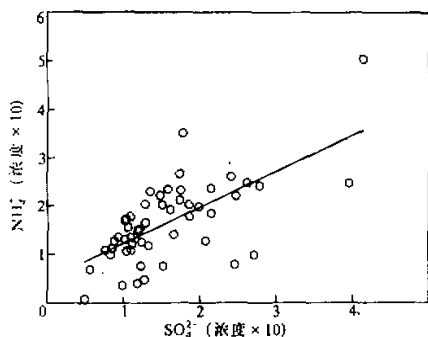
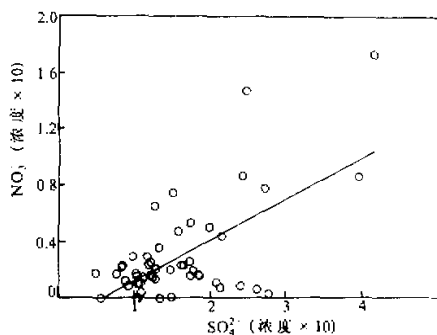
5. 气溶胶中各离子间相互关系

(1) NH_4^+ 与 SO_4^{2-} 的相关性: 因为没有进行 NH_3 的监测, 故无法估算它们之间的转化率。由于 NH_3 是大气中唯一的碱性气体, 它能迅速地与其酸性气体诸如 H_2SO_4 起反应而形成硫酸铵微粒。在 51 个样品中, NH_4^+ 与 SO_4^{2-} 浓度之间的相关系数是 0.81, 按 95% 的置信度而言, 其相关性很明显。

用最小二乘法拟合了 NH_4^+ 与 SO_4^{2-} 的摩尔浓度的相关曲线 (见图 3), $[\text{NH}_4^+] = 0.50 + 0.74[\text{SO}_4^{2-}]$ 。 NH_4^+ 与 SO_4^{2-} 摩尔比率对于纯的 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 和纯的 NH_4HSO_4 分别是 2 和 1, 本资料只有 0.74, 这说明部分 SO_4^{2-} 与其他阳离子有关。

(2) Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 的关系: 两者的相关系数 $r = 0.76$, 该值在统计上是有意义的, $[\text{Ca}^{2+}] = 0.05 + 0.31[\text{SO}_4^{2-}]$ 。由于方解石 (Calcite) 在我国是普通土壤成分, 而且气溶胶溶液的 pH 值一般都大于 5.7, 这表明在该地区的酸沉降中, 气溶胶不起主要作用。

(3) NO_3^- 与 SO_4^{2-} 的关系: 相关系数 $r = 0.79$, 相关性明显, $[\text{NO}_3^-] = -0.17 + 0.29[\text{SO}_4^{2-}]$ (见图 4)。由于这两种离子均为人为污染物, 它们有共同的源和路径。然

图3 SO_4^{2-} 与 NH_4^+ 的相关曲线图4 SO_4^{2-} 与 NO_3^- 的相关曲线

而 NO_3^- 和 SO_4^{2-} 的克分子浓度比是 0.29 (回归曲线的斜率), 这意味着在气溶胶中 NO_3^- 的浓度远低于 SO_4^{2-} 浓度。

(4) NH_4^+ 与 NO_3^- 的关系: 它们的相关系数 $r=0.57$, $[\text{NH}_4^+]=1.44+0.77[\text{NO}_3^-]$ 。在气溶胶中这两者的相关性较差, 而且它们的粒径分布的差异性也表明两者大多数的单粒子不能共存。

6. 气溶胶粒子的型态特征

采集在 4 级格栅碰撞器上的气溶胶样品用电镜检验各个粒子的型态。检验结果得出 1 级大部分粒子是较大的土壤微粒或是松散凝聚的烟灰 (图 5a, 见图版 I), 2 级和 3 级 (图 5b, 见图版 I) 多为不规则和不均匀的球形, 4 级呈球状 (图 5c, 见图版 I)。

采集在涂有 BaCl_2 的玻璃片上含有 SO_4^{2-} 的气溶胶粒子能与 BaCl_2 起反应形成空心圆环 (图 5, 见图版 I)。若气溶胶微粒上的 SO_4^{2-} 越多, 所形成的环就越大, 由此可知气溶胶上 SO_4^{2-} 的含量。设圆环的厚度为 r_1 , 整个气溶胶微粒反应点半径为 r_2 , 则定义环的相对厚度为 $RT=r_1/r_2$ [5]。结果是: 1 级粒子约有 $(40 \pm 30)\%$ 含有 SO_4^{2-} , RT 的平均值 0.25, $SD=0.2$, 其中心有些是由许多微粒组成的一个整体, 这可能是通过液相相互作用凝聚而成; 2 级和 3 级约有 $(60 \pm 20)\%$ 的粒子含有 SO_4^{2-} , $RT=0.5$, $SD=0.1$, 其中心一般呈不规则不均匀的球状, 并附着在粒子上; 4 级约有 $(90 \pm 10)\%$ 含有 SO_4^{2-} , $RT=0.75$, $SD=0.05$, 第 4 级气溶胶几乎全部由 SO_4^{2-} 组成。即气溶胶粒径越小所含 SO_4^{2-} 量就越大。

四、气象要素对气溶胶的影响

由于气溶胶样品是数小时连续采集, 没有逐时资料而且采样时间长, 天气条件难免会产生一些变化, 故要确立气溶胶浓度分布特征与气象要素间的正确关系有一定的困难。在此只定性地讨论风向风速、空气质点轨迹及降水对气溶胶的影响。风向风速是影响气溶胶浓度的主导因子。当采样点吹东北风, 同时风速为 $2-4 \text{ m/s}$ 时, 由于空气经过中国最大城市上海以及无锡、苏州等中等城市, 污染严重, 气溶胶浓度最高。图 6a

为 10 月 9 日抵达临安的空气质点轨迹^[6]。除 500 hPa 轨迹偏西外, 700 和 850 hPa 轨迹都来自东北方, 这一天的气溶胶浓度较高, TSP 浓度达 $372.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 吹西南风时, 监测到的浓度为次高, 如 10 月 16 日气溶胶的 TSP 浓度为 $342.53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 这可能是受其上风方临安县城中工业排放的影响之故; 吹东南风时, 气溶胶浓度最低, 如 9 月 24 日 TSP 浓度为 $186.87 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 因空气来自较干净的海洋; 吹西北风时, 由于其上风方是山区, 污染不严重, 气溶胶浓度也不高, 如 9 月 20 日, 抵达临安的 500、700 和 850 hPa 轨迹是偏西和西北 (图 6b), 气溶胶浓度相对要低, 这天 TSP 浓度为 $242.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

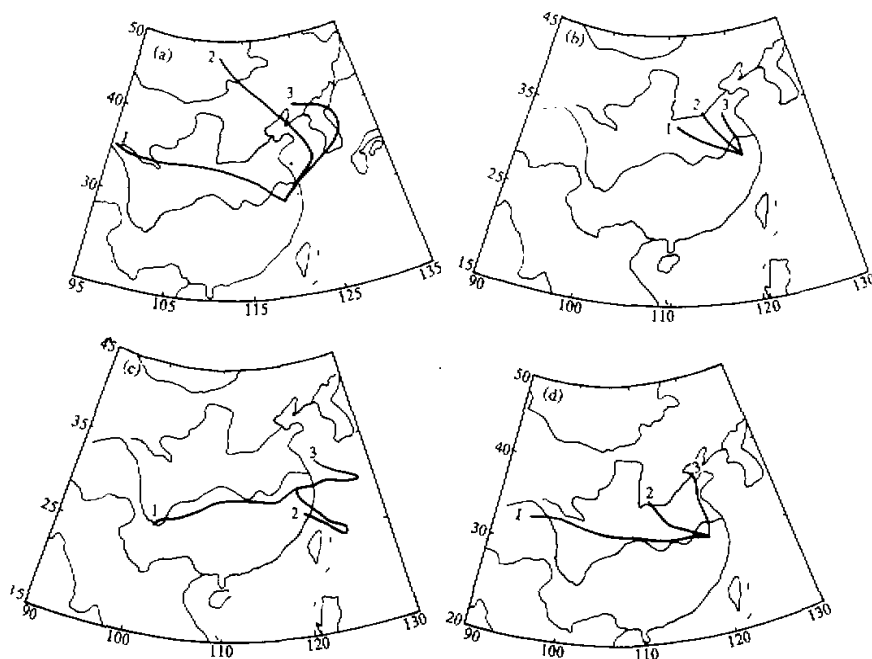


图 6 抵达临安的空气质点轨迹

(a) 1991-10-09 12:00 GMT, (b) 1991-09-20 24:00 GMT,
(c) 1991-09-23 24:00 GMT, (d) 1991-10-04 00:00 GMT

采样期间有两次降水过程: 第一次发生在 9 月 24 日至 26 日, 此时有 9120 号台风从我国东海向北挺进, 从 9 月 23 日轨迹 (图 6c) 可知, 在 500 hPa 空气来自偏西方向, 但在 700 和 850 hPa 分别来自东和东南方向的海面。这给该站带来 27 mm 降水, 气溶胶的 TSP 浓度由雨前 23 日的 $599.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 降至雨后 25 日的 $186.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。第二次是 10 月 2 日—4 日, 从 10 月 4 日轨迹看 (图 6d), 500、700 和 850 hPa 空气分别从西、西北和北方来, 有 23 mm 降水, 雨前气溶胶 TSP 浓度为 $377.27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 雨后的 TSP 浓度大大降低, 只有 $182.18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。表 3 和表 4 给出了气溶胶中元素, 离子和各粒径 TSP 浓度雨前与雨后的比率。由表可知, 雨后上述各项浓度均下降, 可见雨水对气溶胶的冲刷作用是明显的。另外, 表 4 还表明第一次降水过程, 雨水冲刷效率随粒

表 3 降水前后气溶胶中各要素浓度($\mu\text{g}/\text{m}^3$)及其比率 (前/后)

要 素	第一次			第二次		
	雨前	雨后	比率	雨前	雨后	比率
Si	8.21	2.77	3.0	5.60	2.06	2.7
Al	4.04	2.17	1.9	4.07	1.56	2.6
Fe	1.73	1.17	1.5	1.43	0.49	2.9
As	7.07×10^{-4}	1.88×10^{-4}	3.8	3.46×10^{-4}	—	—
S	15.00	6.30	2.4	15.40	9.20	1.7
Sb	3.41	1.46×10^{-3}	2.3	2.53×10^{-3}	7.78×10^{-4}	3.3
Na	1.75	0.74	2.4	1.78	0.43	4.1
Cl	0.34	0.14	2.4	0.43	0.12	3.7
SO_4^{2-}	15.15	10.61	1.4	17.88	10.30	1.7
NO_3^-	2.97	0.25	11.8	0.93	0.63	1.5
NH_4^+	4.25	2.45	1.7	3.24	3.22	1.0
SO_2	22.08	4.12	5.4	22.54	15.47	1.5

表 4 降水前后气溶胶 TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 的粒径分布及其比率 (前/后)

级 别	第一次			第二次		
	雨前	雨后	比率	雨前	雨后	比率
1	80.09	70.12	1.14	60.34	4.90	12.31
2	83.47	67.03	1.25	65.03	5.31	12.25
3	102.06	82.37	1.24	61.37	5.93	10.35
4	128.41	65.79	2.95	60.28	9.26	6.51
5	132.24	63.51	2.08	59.28	10.19	5.82
6	145.75	68.88	2.12	68.08	17.97	3.79
7	161.06	68.13	2.36	70.08	19.66	3.56
8	306.04	76.80	4.09	82.33	57.93	1.42

径减少而增强; 而第二次雨水的冲刷作用却是随着粒径的减少而减弱, 总的冲刷效率第二次强于第一次。造成两次降水对气溶胶冲刷效率不同的原因较为复杂, 在此不作讨论。

五、结 论

- 1) 气溶胶的 TSP 日平均浓度为 $242.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 而且在 8 个粒径段其分布均匀。
- 2) 气溶胶中以硫的污染物和地壳尘埃为主要成分, 而且地壳元素主要分布在前 6 级, 富集程度较高的元素主要集中在小粒径段, 盐类元素 Na、Cl、Mg、I 等其来源不仅限于海盐, 而且海盐的贡献并非主要的。
- 3) 气溶胶中离子浓度以 SO_4^{2-} 为最高, Mg^{2+} 为最低。 SO_4^{2-} 、 NH_4^+ 和 K^+ 浓度分布特征类似, 它们主要分布在小粒子中。 Cl^- 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 NO_3^- 的浓度分布特征类似, 它们主要分布在大粒子中。

4) 气溶胶形态特征: 1 级以土壤微粒和烟灰为主, 有 $(40 \pm 30)\%$ 的粒子含有 SO_4^{2-} ; 2 级和 3 级多呈不规则不均匀状, 约有 $(60 \pm 20)\%$ 的粒子含有 SO_4^{2-} ; 4 级呈球状, 约有 $(90 \pm 10)\%$ 的微粒含有 SO_4^{2-} 。

5) 离子 NH_4^+ 、 NO_3^- 、 Ca^{2+} 与 SO_4^{2-} 的相关性较好, NH_4^+ 与 NO_3^- 之间的相关性较差。

6) 风向对气溶胶浓度有很大的影响, 采样点吹东北风时, 气溶胶浓度最高; 吹西南风, 次高; 吹东南风, 浓度最低; 吹西北风, 次低。降水对气溶胶有明显的“冲刷”和“清除”作用。

参 考 文 献

- [1] Hofmanu, D. J., Oltmans, S. J., Harris, J. M., Solmon, S., Desher, T. & Johnson, B.J., 1992, Observation and possible causes of new ozone depletion in Antarctica in 1991, *Nature*, **359**, 283—287.
- [2] Bigg, E. K., Ono, A. and Williams, J. K., 1974, Chemical test for individual submicron aerosol particles, *Atmos. Environ.*, **8**, 1—13.
- [3] Parungo, F., Nagamoto, C., Rosinski, J. and Haagenson, P., 1986, A study of marine aerosol over the Pacific Ocean, *J. Atmos. Chem.*, **4**, 199—226.
- [4] Mason, B., 1966, *Principles of Geochemistry*, John Wiley & Sons, New York, p45.
- [5] Kopcewicz, B., Nagamoto, C., Parungo, F., Miller, J., Sievering, H. and Rosinski, J., 1991, Morphological studies of sulfate and nitrate particles on the east coast of North America and over the North Atlantic Ocean, *J. Atmos. Res.*, **26**, 245—271.
- [6] Harris, J.M., 1982, The GMCC atmospheric trajectory program, NOAA technical memorandum, ERL—116.

Characterstics Analysis of Aerosol at Lin'an Air Pollution Background Station

Yang Dongzhen, Yu Xiaolan, Li Xingsheng
(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Wang Chao
(National Satellite Meteorology Center, Beijing 100081)

Parungo F. and Nagamoto C.
(Air Resource Laboratory, NOAA / ERL U.S.A.)

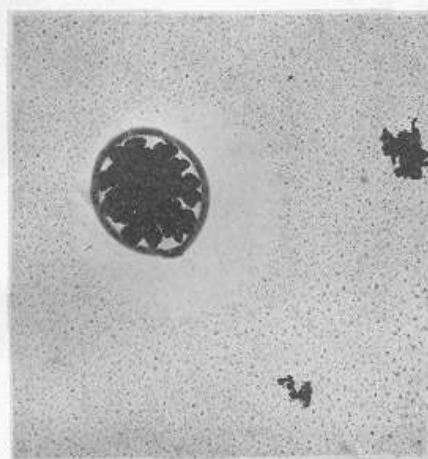
Abstract

In this paper, the physical and chemical characteristics of the aerosols which were observed at Lin'an air pollution background station (WMO station) in Zhejiang Province, China from early August to late November, 1991 such as the element and ion concentrations, the particle size distributions, the particle morphology, the enrichment degree of the aerosol elements, and the relationship between them have been analyses. The effects of some meteorological elements on the aerosol concentration distribution are discussed, too. In addition, the origion of aerosol is investigated.

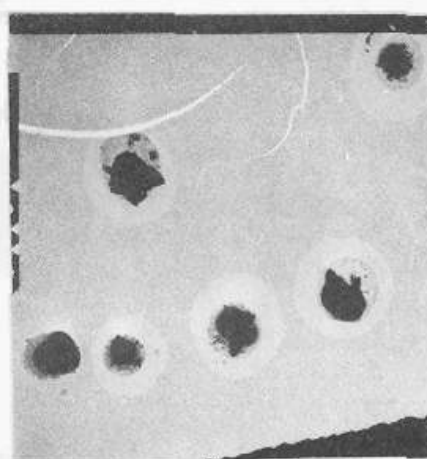
Key words: aerosol; concentration; size distribution.

28

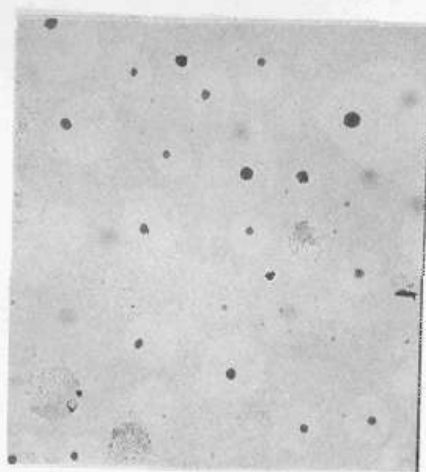
图版1: 杨东贞等: 临安大气污染本底站气溶胶特征分析



(a)



(b)



(c)

图5 气溶胶粒子的形态特征

(请沿此线剪下, 填好后寄回《大气科学》编辑部)

寄赠《大气科学》1994年增刊回执

单位名称			
通信地址			
邮政编码		联系人	