第49卷 第1期　　气 象 学 报　　Vol. 49, No. 1
1991年2月　　ACTA METEOROLOGICA SINICA　　Feb., 1990

# 西太平洋气溶胶微量元素的初步研究

符基萌　曾宪英　温玉璞
（国家气象局气象科学研究院）

苏　维　瀚
（中国科学院生态环境研究中心）

**提　　要**

本文根据TOGA计划第二航次中采集的气溶胶样品对西太平洋气溶胶的微量元素进行了初步研究。结果表明，海洋气溶胶中Si,Fe,Mn,Ti等地壳元素以及Cu,Zn等一些重金属元素的浓度较陆地相对清洁区气溶胶低。但在近大陆海洋气溶胶中Cu,Fe,K,Si,S等元素的含量相对较高。在调查的海域内气溶胶微量元素的浓度呈现出地理位置和季节上的变化。

## 一、引　　言

海洋是大气气溶胶主要的源和汇，在大气颗粒物全球循环中起着重要的作用。因此，在海洋开展气溶胶物理化学性质及其变化规律的研究，能够更好地认识海洋对全球气溶胶的贡献和陆地气溶胶在海洋中的沉降与远距离输送，对于评价全球大气背景值和海气交换亦是必不可少的。

尽管这方面的工作国外已做过一些，但研究工作多以海岛为采样观测基地，难免带来人为污染的影响，并且调查的海域亦不够广，这对全面了解海洋气溶胶物理化学性质、亚洲大陆气溶胶特别是春季沙暴向太平洋的远距离输送等都是不够的。据此，在1986年11月15日至1987年3月3日的中美海气合作计划TOGA第二航次中，我们在西太平洋115°E—165°E，20°N—30°S的海域内（见图1）对海洋气溶胶进行了采样分析。

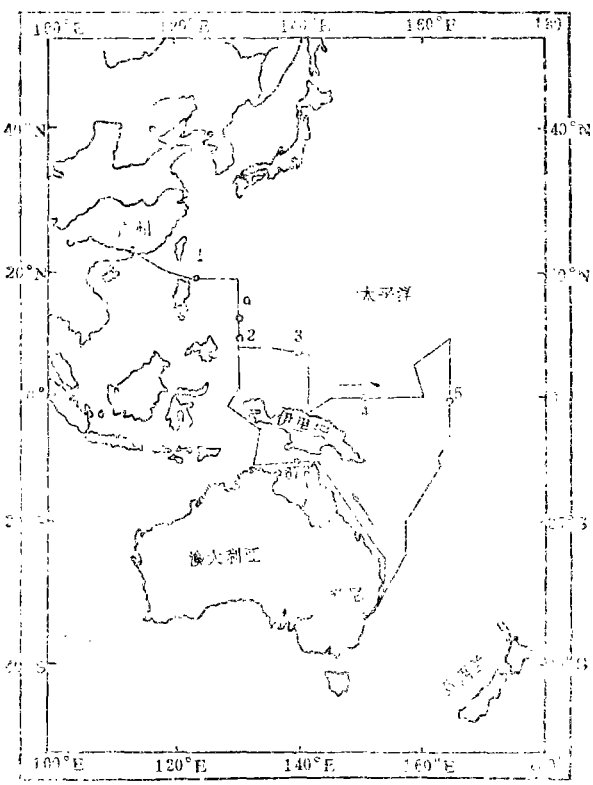


图1　TOGA第二航次航行路线图
（航线上"O"及数字表示样品采集的位置及编号）

* 本文于1988年5月25日收到，1989年7月20日收到最后修改稿。

本文将列出样品的分析结果，并就海洋气溶胶微量元素的粒径分布、地理位置上的变化和季节上的差异以及海陆气溶胶微量元素组成上的不同做了初步探讨。

## 二、实 验 部 分

### 1. 采样

本航次使用中国生态环境中心研制的撞击式 8 级气溶胶采样器在不同海区采集海洋大气颗粒物，每套样品按动力学粒径分为 8 级，$D_{p1}$>11 μm，$D_{p2}$ 7.7—11 μm，$D_{p3}$ 5.5—7.7 μm，$D_{p4}$ 3.5—5.5 μm，$D_{p5}$ 2.3—3.5 μm，$D_{p6}$ 1.2—2.3 μm，$D_{p7}$ 0.7—1.2 μm，$D_{p8}$<0.7 μm。第 1 至第 7 级使用 Milipore(涤纶) 膜，最后一级使用 0.45 μm 的微孔滤膜。流量为 3 L/min，除个别样品，采样时间大多为 24 小时左右，共得样品 10 套。

表 1　PIXE方法的元素检测下限(μg)

| 元　素 | 涤　纶　膜 | 微孔滤膜 |
|---|---|---|
| Si | 0.04 | 0.04 |
| S | 0.021 | 0.029 |
| Cl | 0.0099 | 0.011 |
| K | 0.0022 | 0.0046 |
| Ti | 0.002 | 0.005 |
| Ca | 0.0034 | 0.0017 |
| V | 0.0012 | 0.0017 |
| Cr | 0.001 | 0.0013 |
| Mn | 0.0074 | 0.0016 |
| Fe | 0.0006 | 0.0016 |
| Ni | 0.0005 | 0.0012 |
| Cu | 0.0005 | 0.00067 |
| Zn | 0.00085 | 0.0033 |
| As | 0.0033 | 0.0059 |
| Pb | 0.0063 | 0.006 |
| Br | 0.0048 | 0.0048 |

### 2. 样品的分析

用 PIXE[1)][1] 法测定样品中的 Si, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn, As, Br, Ni共 16 种元素。PIXE 分析系统由加速器、分析靶室和多道能谱仪及计算机数据处理器几部分组成。本工作采集的样品是由中国科学院物理研究所的 PIXE 分析系统测定的。其加速器为 2×1.7 mv串列加速器(美国、General Ionex Corp)，靶室为一不锈钢圆筒，内衬 Al 箔，以降低本底辐射。X 射线探测用 Canberra Si (Li)探测器。数据处理由多道能谱仪 ND-76 和 PDP 11/23 小型机组成。PIXE 方法的元素检测下限列于表 1 。

本次采样中 10 号样品因风浪太大仅采集了 10 小时，部分元素含量接近或低于检出限，为避免数据处理上的误差，在分析时舍弃。

## 三、结果与讨论

### 1. 微量元素在不同粒径中的分布

因考察海域位于受大陆影响较小的海洋环境，大气气溶胶中微量元素的含量一般低于大陆洁净地区，其元素含量随粒径的分布有明显差异，为了说明本次气溶胶样品的观测结果，我们将 9 套样品中各元素在不同粒径中的检出次数及浓度范围列于表 2 ，9 套样品中元素在各粒径含量的总和列于表 3 。由表 2 的结果可以看出，海洋大气气溶胶中 Si,

1) 马慈光等，质子激发 X 射线萤光法(PIXE)在痕量元素分析中的应用，中国科学院生态环境研究中心，1988 年 10月。

表 2 西太平洋微量元素在不同粒径中的检出次数及浓度范围(ng/m³)

| 元素 \ 粒径(μm) | <0.7 | 0.7-1.2 | 1.2-2.3 | 2.3-3.5 | 3.5-5.5 | 5.5-7.7 | 7.7-11 | >11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Si | — | — | 2 (1) | 3-9 (2) | 3 (1) | 7 (1) | 22 (1) | 2 (2) |
| S | 7-78 (4) | 2-100 (3) | 41 (1) | — | — | — | 7-1870 (2) | 10 (1) |
| Cl | 59-548 (4) | — | 93-300 (6) | 18-1354 (9) | 12-928 (9) | 15-622 (7) | 25-340 (2) | 130 (1) |
| K | 1-13 (2) | 6-117 (3) | 4-39 (5) | 2-33 (7) | 3-28 (8) | 4-151 (6) | 3-17 (2) | 5-9 (2) |
| Ca | — | 20 (1) | — | 44 (1) | — | 94-350 (2) | 79 (1) | 19 (1) |
| Ti | 4 (1) | 2-35 (6) | 3-10 (5) | 2-42 (4) | 5-176 (3) | 1-40 (3) | 2-130 (4) | 2-12 (4) |
| V | 2 (3) | 1-5 (2) | 2 (2) | 1-12 (4) | 3-5 (2) | 2 (1) | 1-21 (2) | — |
| Cr | 2 (5) | 1-7 (4) | 1 (1) | 3-4 (2) | 1-3 (2) | 1 (1) | 1-2 (2) | 1 (4) |
| Mn | 1-2 (4) | 1-6 (5) | 1-6 (6) | 1-56 (9) | 1-12 (8) | 1-28 (9) | 1-13 (8) | 1-2 (7) |
| Fe | 1 (1) | 5-586 (5) | 3-108 (5) | 1-186 (5) | 3-758 (8) | 5-613 (5) | 3-2010 (5) | 1-1080 (4) |
| Cu | 2-6 (5) | 8-91 (4) | 2-61 (4) | 3-669 (6) | 3-289 (8) | 6-200 (4) | 8-190 (4) | 19 (1) |
| Zn | 2-8 (9) | 56-826 (2) | 18 (1) | 3 (1) | 10-208 (3) | 542 (1) | 119-340 (2) | 1 (1) |
| As | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Pb | — | — | 11-14 (2) | 9-48 (4) | 16-53 (2) | 125 (1) | — | — |
| Br | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Ni | — | — | 1-9 (2) | 1 (3) | 1 (1) | 2 (1) | — | — |

* 括号内的数字表示该粒径 9 套样品中检出的次数,"—"表示含量低于检出限

Ca,As,Pb,Br,Ni 等元素在各粒径的检出次数和浓度值均较低。对于检出次数较高的元素,各粒径含量按检出的次数取算术平均,结果如图 2 所示。

从表 2、图 2 的结果中不难看出:

Cl 在所测元素中浓度最高,它主要落入粗粒态区(>2.3 μm),其中尤以 5.5—7.7μm 的巨盐核粒子含量最为丰富,这一结果与国外同类工作基本一致。这反映了海盐气溶胶以粗粒子为主,但在细粒子中(<2.3 μm)Cl 亦有一定的含量(如图 2 所示),粗 细粒子中 Cl 的含量分别为 864.0 ng/m³,441.0 ng/m³。根据本航次观测资料(表 3),九套样品中

表 3　西太平洋气溶胶微量元素的浓度(ng/m³)

| 编号 | 日　期 | 经度(°E) | 纬度 | Si | S | Cl | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Cu | Zn | As | Pb | Br | Ni | 浪高(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 86 11 19 | 123.0 | 18.4N | 2 | 45 | 278 | 8 | 350 | 19 | 13 | 7 | 21 | 1 030 | 41 | 329 | | | | | 2.0 |
| 2 | 86 11 23 | 129.9 | 10.5N | 2 | | 1 200 | 8 | | 5 | 8 | 1 | 16 | 26 | 75 | 23 | | 14 | | | 1.8 |
| 3 | 86 11 23 | 139.5 | 7.4N | | 7 | 1 010 | 16 | | 12 | 3 | 5 | 10 | 22 | 21 | 5 | | 10 | | | 1.7 |
| 4 | 86 12 03 | 150.4 | 0.0 | 9 | 17 | 776 | 79 | | 40 | 5 | 6 | 30 | 411 | 731 | 15 | | 14 | | | 1.1 |
| 5 | 86 12 13 | 165.0 | 1.0S | | 47 | 702 | 180 | 64 | 46 | | 8 | 74 | 252 | 892 | 1 010 | | 101 | | | 1.8 |
| 6 | 87 01 22 | 139.0 | 11.5S | | | 1 090 | 20 | | 2 | | | 13 | 32 | 10 | 7 | | 9 | | | 1.5 |
| 7 | 87 02 08 | 139.0 | 11.5S | | 28 | 2 700 | 98 | | 4 | | | 16 | 162 | 11 | | | 16 | | 5 | 4.7 |
| 8 | 87 02 24 | 139.0 | 11.5S | | 16 | 558 | 10 | | 45 | 9 | 7 | 16 | 744 | 31 | 64 | | 18 | | 1 | 0.9 |
| 9 | 87 02 26 | 130.0 | 12.7N | 37 | 173 | 950 | 89 | 192 | 191 | 21 | 3 | 57 | 4 200 | 562 | 929 | | 125 | | 9 | 1.3 |

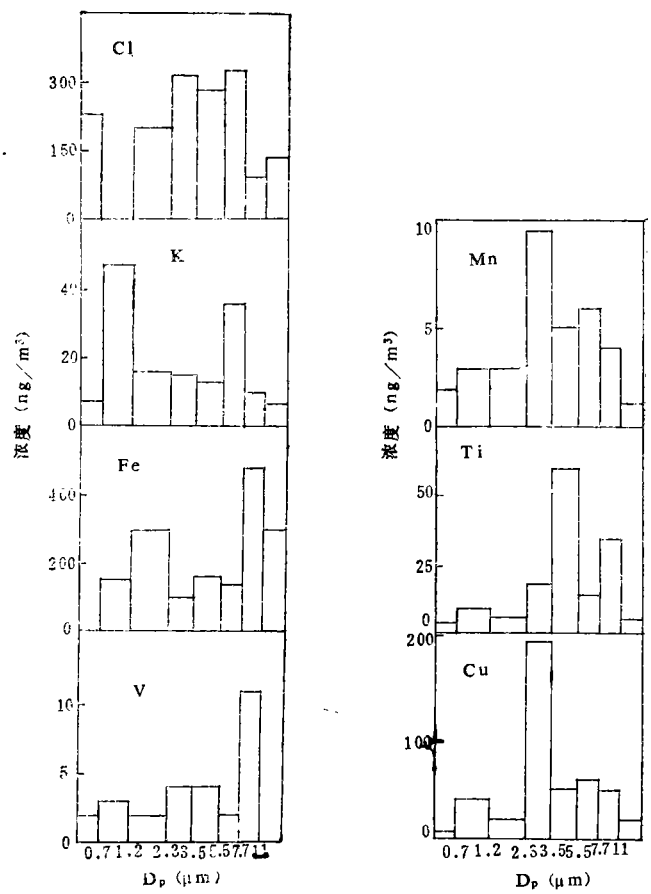


图 2　西太平洋气溶胶中部分元素的浓度随粒径分布

Cl 的总浓度与采样时浪高有下列统计关系：

$$[Cl]_{(\mu g/m^3)} = 0.04 + 0.53 \times 浪高(m)$$

相关系数　$r = 0.86$

样品数　　$n = 9$

很显然，海盐气溶胶主要与浪花飞沫等过程有关。据报道[2]，每年海洋向大气注入气溶胶就达 $10^9$—$10^{10}$吨。

S 的粒径分布呈双峰型，部分分布在 2.3 μm以下的细粒子中，另一部分集中在7.7—11 μm 的粗粒子中。这一分布趋势与国外的观测结果[3]大体一致，这主要是因为 S 在不同粒径的颗粒物中来源不同所造成的。已有的研究[4]表明粗粒子中的硫主要由局地性浪花飞沫等过程贡献，这部分 S 可以按下式计算[3]：

S 的浓度(μg/m³) = 0.251 × Na 的浓度(μg/m³)

细颗粒中的 S 主要有两种来源，一是由人为排放的 $SO_2$ 形成的硫酸盐通过远距离输送进入海洋大气环境中的。细粒态 S 的另一来源国外的一些研究结果[4]认为海洋中生物代谢过程所排放的有机硫化物，尤其是二甲基硫(DMS)亦是重要的前体物，DMS 在大气中通过光化学氧化生成硫酸盐并沉积在细粒子中。S 在 DMS 中每年由海洋→大气的释放量为 $40\pm20\times10^{12}$g。由于上述原因，海洋气溶胶中 S 的丰度高于海水中 S 的丰度，浓度比$(S/Cl)_{颗粒物}=0.069$，$(S/Cl)_{海水}=0.045$。我们对该航次雨水的分析结果亦表明降水中 $SO_4^=$的丰度要高于海水，$(SO_4^=/Na_a^+)_{雨水}=0.32$，$(SO_4^=/N_a^+)_{海水}=0.25$。显然 S 在海洋大气环境中是得到富集的。

K 的观测结果表明 K 在粗细粒子中各出现一个峰值浓度（如图 2 所示）与 Cl 的分布情况不完全相同，而且各粒径间 K 与 Cl 的相关性不太高，$r=0.62$。粗粒态的 K 则与 Cl 相似，主要来自海洋，海水中 K 有较高的丰度也说明了这点。但从浓度比$(K/Cl)_{气溶胶}=0.064$，$(K/Cl)_{海水}=0.02$ 上看，K 在颗粒物中的丰度显著高于海水。在海洋雨水化学组成的测定结果中也发现 K/Na 的浓度比高于海水的现象，$(K/Na)_{雨水}=0.089$，$(K/Na)_{海水}=0.037$。由此可见，K 在海洋大气环境中得到某种程度的富集。国外的一些研究也观测到相似的现象[5]。至于 K 在海洋大气气溶胶中的富集现象，原因非常复杂，Buat-Menand[6]等人认为表层海浪在上升破裂过程中的化学富集作用使 K 的含量得到增加。但Hoffman[7]等人对这一观点持否定态度。陆地地表尘和燃烧过程释放的 K 也可能输送到海洋大气中。因资料所限在本次考察中对这一部分的贡献尚不能做出进一步的估算。

V 是识别燃油污染源的特征元素，燃油烟灰中 V 的含量可高达 82.7 ng/m³[3]。我们观测表明海洋气溶胶中 V 的粒径分布较为均匀，含量普遍较低，但 2.3—5.5 μm 的粒子检出频度相对较高(如图 2 所示)，V 的平均浓度为 4.5 ng/m³，仅有燃油飞灰的 5.4%，并且三套样品 V 的含量低于检出限，海水中 V 的丰度极低，海洋的贡献小。很明显，在观测的海域内石油型人为污染对海洋气溶胶化学组成的影响小。

Si、Fe、Mn、Ti 等地壳元素、Cu、Zn 等重金属元素在海洋气溶胶中的含量各不相同，但它们的峰值浓度基本都出现在粗粒区，其中 3.5—7.7 μm 的粒子浓度相对较高(见图 2)。海水中这些地壳、重金属元素的丰度非常低[8]，海洋气溶胶中地壳元素主要来源于岩石风化及风沙扬尘等，而重金属等元素一般来源于人为污染。两者均属陆地源，我们的观测结果表明远距离输送对观测海区内气溶胶地壳及重金属元素有一定的贡献。

**2. 海陆气溶胶微量元素的比较分析**

为了了解海上气溶胶元素组成上的特征，我们将在庐山上以相同的采样器和测定方法得到的数据与海上的进行比较。将表 3 中各元素浓度按样本实际检出次数取算术平均，

表 4　庐山与西太平洋微量元素浓度与百分组成的比较

| 采样点 | | S | Cl | K | 地壳元素* | 重金属* | 总浓度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 西太平洋 | ng/m³ | 48 | 1028 | 56 | 845 | 620 | 2597 |
| | % | 1.8 | 39.6 | 2.2 | 32.5 | 23.9 | 100 |
| 庐山 | ng/m³ | 1043 | 0 | 231 | 2301 | 1755 | 5330 |
| | % | 19.6 | 0 | 4.3 | 43.2 | 32.9 | 100 |

* 地壳元素：Fe Mn Ti Si；重金属：Cu Zn V Pb Cr Ni As Br

庐山的数据也进行相同的处理，结果列于表 4。结果表明陆地相对清洁地区气溶胶中Si，Fe，Mn，Ti等地壳元素，Cu，Zn等重金属元素及与人为排放有关的 S 无论在浓度上还是在百分组成上都高于海洋气溶胶，构成了陆地气溶胶的主要成份，Cl的含量则全部低于检出限。而海洋气溶胶中Cl 是所测元素中浓度最高的组份，它占所测元素总浓度的 39.6%。如果把由于PIXE 方法本身不能检测的 Mg，Na 等其它海洋主要成份考虑进去的话，可以认为在海洋气溶胶元素组成中海洋的贡献居主导地位。Duce 的工作中[9]曾观测到Cl，Na，Mg分别占所测 29 个元素总和的 44%，23%和 35%。仅这三个元素的贡献就占了海洋气溶胶元素组成的 70.5%，是海洋气溶胶的主要成份。

**3．西太平洋气溶胶微量元素的地理分布**

本航次观测采样范围较大，跨纬度 30°，南北宽约 4000 km，跨经度 42°，东西长约 4500 km。不同海域的数据（表 3）表明，西太平洋气溶胶微量元素，特别是那些与陆地人为排放有关的 S，地壳元素 Si、Fe、Mn 等以及重金属元素 Cu、Zn 等的浓度因地理位置不同而有明显的差异。离亚洲大陆越近，纬度越高，这些元素的浓度就越高。九套样品中仅有四个检出 Si，其中三个就是在靠近亚洲大陆的海区采集的。从 Cl 在元素中所占的百分比上看，最靠近亚洲大陆的 1，9 号样品百分比值最低，分别为12%，13%，而其它样品平均值则为 64%。由此可见，在近亚洲大陆海区气溶胶中陆地成份已占很大比重。第 1，9 号样品元素粒度分布的结果亦呈现出受人为排放及岩石风化的影响。以第 9 号样品为例，该样品中 Si，Fe，Mn，Ti 等地壳元素，Cu，Zn 等重金属元素大都集中在粗粒中，这些元素在不同粒度检出的次数和质量浓度显著高于其它样品（如图 3 所示）。显然，亚洲大陆气溶胶通过远距离输送对近海海洋气溶胶的影响较大。与人为污染密切相关的 S 则沉积在细粒子中，其含量远较其它海区的样品为高，小于 0.7 μm的粒子 S 的含量为 78 ng/m³，0.7—1.2 μm 的粒子为 100 ng/m³，大于 1.2 μm 的粒子其含量则低于检出限。硫酸钙是海水中的重要成份，如果细粒态 S 主要来源于海水的话，那么应观察到 S 和 Ca 在各级气溶胶中同步增长的现象。但从我们观测的结果上看（如图 3 所示），Ca 主要分布在粗粒子中与 S 的分布结果完全不同。据此，我们认为细粒态 S 的主要来源可能是通过长距离输送过来的陆地污染硫酸盐，而海洋的贡献则相对较小。Cl 在小于 2.3 μm 的细粒子中的

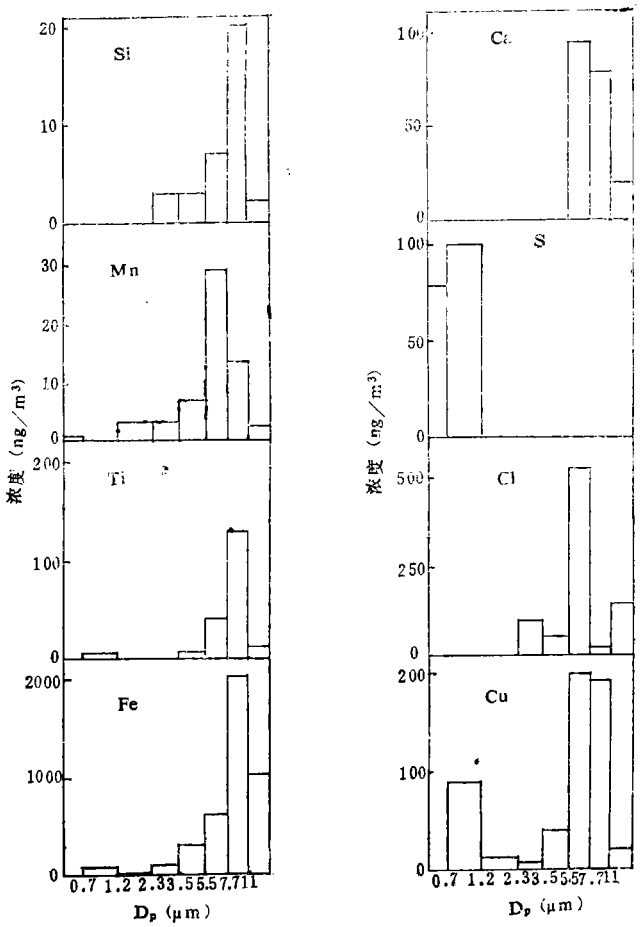


图 3 第 9 号样品中部分元素的浓度随粒径分布

含量低于检出限而主要落入粗粒区（如图 3 所示）。其主要原因是细粒态的 Cl 在大气中和气态的酸性物质作用形成 HCl 并挥发到大气中。气溶胶中 Cl 的损失随粒径减小而增加，在受大陆及污染影响较重的海区此现象更为明显。Kritz 和 Rancher[10] 在大西洋沿西非海岸曾观测到气溶胶中 Cl/Na 比的范围只有 0.64—1.60，而海水中 Cl/Na 的比为 1.80。显而易见，第 9 号样品细粒态颗粒物中 Cl 损失的现象与近亚洲大陆海区大气受人为污染影响较大有关。以上结果表明，亚洲大陆对近海气溶胶元素组成的影响较大，这种影响随着与亚洲大陆距离的加大而逐渐降低。

有关这方面的研究国外也做过一些。据报道[11]，每年大量的矿物气溶胶从亚洲大陆被输送到太平洋，这种远距离输送的现象在春季尤为突出。据调查，西北太平洋海底表面沉积物与亚洲大陆土壤气溶胶矿物性质基本相同，太平洋海底非生物表面沉积物的 75%—95% 由大气颗粒物的沉降所贡献[12]。Uematsu[13,14] 等人曾以一些太平洋岛屿为观测采样基地研究亚洲大陆土壤气溶胶向北太平洋输送和沉降的规律，研究结果指出亚洲大陆气溶胶每年在北太平洋的沉降量高达 $20\times10^{12}$克/年，高纬度近亚洲大陆的海域气溶胶

表 5　大气总飘尘注入北太平洋的年通量($10^{12}$ g/a)

| 纬度 (N) | 年飘尘通量 (<20μm) | 年飘尘总通量 (<20+>20μm) | 年飘尘总通量估计值 (<20μm) |
|---|---|---|---|
| 40—50 | — | — | 4.2∓1.1 |
| 25—40 | 7.8 | 12 | 7.5∓1.8 |
| 15—25 | 4.0 | 5.6 | 3.8∓1.3 |
| 5—15 | 3.1 | 3.7 | 4.4∓0.8 |
| 0—5 | 0.6 | 0.7 | 0.5∓0.1 |
| Total | | | 20∓3 |

表 6　近大陆海洋气溶胶的微量元素浓度的季节比值

| | Si | S | Cl | K | Ca | Ti | V | Cr | Mn | Fe | Cu | Zn | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 春季/秋季 | 18.5 | 4.0 | 3.4 | 11.1 | 0.55 | 1.0 | 1.6 | 2.3 | 2.7 | 4.1 | 13.7 | 2.8 | 3.3 |

的浓度和年飘尘通量较高，并随着与大陆距离的加大，纬度的降低而逐渐降低(表 5[14]，表 7[14])。由以上所述，可以认为我们的调查结果与国外同类工作大体一致。

由图 1 我们还可以看出 6,7,8 号样品距澳大利亚大陆也很近。这三个样品是在澳大利亚 Carpentaria 湾进行季风实验时采集的，采样期间盛行西北季风，三次采样时的主导风向分别为 305°,315°,320°，其上风方向为伊里安岛。从分析结果上看(表 3)，这三个样品中与陆地人为排放有关的 S，地壳元素 Si、Fe,Mn,Ca 等以及重金属元素 Cu,Zn等的浓度显著低于更靠近亚洲大陆的 1,9 号样品，同其它样品并无明显差别，这可能与上风方向的环境较少污染有关，由于缺乏这方面足够的资料，本文尚不能对此进行更深入的探讨。

**4. 西太平洋气溶胶微量元素的季节变化**

时间跨度大是本航次观测采样的特点之一，启返航的时间(11 月 15 日由广州启锚，次年 3 月 3 日在广州靠港)分别为秋后和初春。将近海这两个季节的样品(1,9号样品)进行比较(表 6)不难发现，春季近大陆海洋气溶胶中与大陆影响有关的成份如地壳元素，重金属元素及硫的浓度显著高于秋季，其中 Si,K,Cu,Fe,S 的变化最为突出，这一情况反映了由于春季亚洲大陆干旱地区尘暴远距离输送的季节特征，这一时期近海气溶胶陆地成份增高。

这一结论与国外的研究结果亦基本一致，SADS Network 的调查结果[11]指出 2 月—6 月太平洋矿物气溶胶浓度明显高于 7—1 月，这种现象在高纬度地区更为明显(表 7)。所不同的是我们的工作结果指出近大陆气溶胶中硫、重金属等人为污染元素已占相当比例，因此在研究大陆气溶胶输送过程中仅考虑风沙，岩石风化等天然源可能是不够的，人为污染的贡献不可忽视。对这一贡献的大小，还需进行深入的研究。

表 7 北太平洋大气飘尘浓度的季节变化($\mu g/m^3$)

| 海岛<br>季节 | Midway<br>28°13′N<br>177°21′W | Oahu<br>21°20′N<br>157°42′W | Enewetak<br>11°20′N<br>162°20′E | Fanning<br>3°55′N<br>159°20′W |
|---|---|---|---|---|
| 2—6月 | 1.6 | 1.3 | 0.68 | 0.08 |
| 7—1月 | 0.28 | 0.21 | 0.05 | 0.04 |
| 年平均 | 0.84 | 0.66 | 0.31 | 0.06 |

## 四、结 论

本文着重分析了西太平洋气溶胶微量元素的粒径分布,地理差异和季节变化,并进行了海陆对照,得到如下的结论:

1. Si,Fe,Mn,Ti等地壳元素,Cu,Zn 等重金属元素主要存在于粗粒子中,Cl 等海盐成份在粗粒区中浓度较高,细粒区中亦有一定的含量,S在粗细粒中各有一个峰值浓度,粗粒子中的 S 主要由海洋贡献,细粒子中的 S 可能与陆地污染硫酸盐的远距离输送以及海洋排放的 DMS 有关。

2. 海洋气溶胶中地壳元素 Si,Fe,Mn,Ti,重金属元素 Cu,Zn,燃油特征元素 V,交通污染示踪物Pb,Br,Ni 与陆地相对清洁区相比浓度较低,海洋成份占主导地位。

3. 存在着较明显的大陆气溶胶向海洋远距离输送的现象,近大陆气溶胶受陆地的影响较大,硫、地壳元素、重金属元素的浓度相对较高。

4. 陆地气溶胶向海洋的输送春季大于秋季。

本工作承李兴生同志提出宝贵意见,谨表谢意。

## 参 考 文 献

[1] Winchester, J. W., et al., Fine and coarse aerosol compisition froma rural aera in North China, *Atmospheric Environment*, **15**, 933—937, 1981.

[2] Blanchard, D. C., The oceanic production of atmospheric sea salt, *J. Geophys. Res.*, **90**, C1, 961—963, 1985.

[3] Kunio, Yoshizumi and Kunihiko, Asakuno, Characterization of atmospheric aerosols in Chichi of the Ogasawara (Bonin) Islands, *Atmospheric Environemetal*, **20**, 151—155, 1986.

[4] Parungo, F. P., et al., A study of marine aerosol over the Pacific Ocean, *J. Atmos. Chem.*, **4**, 199—226, 1986.

[5] Maenhaut, W., et al., Characterization of the atmospheric aerosol over the Eastern Equatorial Pacific, *J. Geophys. Res.*, **88**, No. C9, 5353—5364, 1983.

[6] Buat-Menard, P., et al., Water-soluble elements in atmospheric particulate matter over the Tropical and Equatorial Atlantic, *J. Rech. Atmos.*, **5**, 661—673,1974.

[7] Hoffman, E. J., et al., Particle size dependence of alkali and alkaline earth metal enrichment in marine aerosols from Bermuda, *J. Geophys. Res.*, **85**, 5499—5502, 1980.

[8] 朱梅年等,《简明环境分析手册》,新时代出版社,1988 年。

[9] Duce, R. A., et al,. Atmospheric trace elements at enewetak atoll: 1, concentrations, sources, and temporal variability, *J. Geophys. Res.*, **88**, C9, 5321—5342, 1983.

[10] Kritz, M. A., et al., Circulation of Na, Cl and Br in the tropical marine atmospheric, *J. Geophys. Res.*, **85**, 1633—1639, 1980.

[11] Duce, R. A., et al., Long-range atmospheric transport and soil dust from Asia to the Tropical.

North Pacific: temporal variability, Science, 209, 1522—1524, 1980.
[12] Blank, M., et al., Major Asian aerolian inputs indicated by the mineralogy of aerosols and sediments in the Western North Pacific, *Nature*, 314, 84—86, 1985.
[13] Uematsu, M., et al., Transport of mineral aerosol from Asia over the North Pacific Ocean, *J. Geophys. Res.*, 88, C 9, 5343—5352, 1983.
[14] Uematsu, M., et al., Deposition of atmospheric mineral particles in the North Pacific Ocean, *J. Atmos. Chem.*, 3, 123—138. 1985.

# STUDY ON TRACE ELEMENTS IN AEROSOL OVER THE WESTERN PACIFIC OCEAN

Fu Jimeng Zeng Xianying Wen Yupu
*(Academy of Meteorological Science, State Meteorological Administration, Beijing)*

Su Weihan
*(Research Center for Eco-Environmental Science, Academia Sinica)*

## Abstract

Aerosol samples were collected over the Western Pacific Ocean during the second cruise of the TOGA Program. PIXE analytical method was used to determine elemental compositions of these marine aerosol samples. The results show that the heavy metal elements in aerosol are found to be much lower than that of aerosol collected on continent. However, relatively higher concentrations of Fe, Cu, Zn, Si are observed in the samples collected near the continent. Season trend is apparent in the total concentration of the measured elements, with higher concentration being observed in spring than in autumn.