

西太平洋热带海域海盐粒子的 观测和结果

沈志来 黄美元 吴玉霞

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

1986年10月15日至12月15日西太平洋热带海域($6^{\circ}30'N$ — $5^{\circ}00'S$, $127^{\circ}00'E$ — $150^{\circ}00'E$) 182份海盐粒子资料分析结果: 该海域海盐粒子总平均浓度为107个/L, 总平均质量浓度为 $2.0 \times 10^{-10}g/L$, 表明该海域可能是海盐粒子低产区; 盐粒子浓度与风速有正相关趋势, 小风速时的高粒子浓度可能是海盐粒子的1—2天滞留时间所致, 也可能是经过本站的气团属性和经历不同造成的; 海面流场对盐粒子浓度大小也有一定影响。

一、引 言

研究海盐粒子的意义已从初期的海盐粒子在云和雨形成中的作用, 扩展到海盐粒子对海水蒸发影响的研究, 对大气电学、大气化学、大气辐射以及对人类环境和海气交换以致气候影响的研究。

我们知道, 地球的大部分(70%)为海洋所覆盖。所有通过大气循环的颗粒物, 最大部分是海盐, 有人估计, 其循环量为 10^9 — $10^{10}t/a$, 这样大量的物质在海洋表面如何产生、如何进入大气、又如何返回到海洋, 完成不断的循环? 在这种循环中西太平洋热带海域贡献如何? 在这种循环中的动力学和热力学对人类环境和海气交换以致气候的影响程度如何, 也是人们关心的问题。海盐粒子的观测分析研究, 国内外已进行多年^[1,2], 取得大量资料和有益结果。过去, 关于海盐粒子的研究多在陆地、海岸或岛屿, 在远海, 特别是西太平洋热带海域的资料极少。本文介绍和分析中国科学院实验3号科学考察船在1986年10月15日到12月15日执行中国科学院西太平洋热带海域首次编队考察期间所取得的海盐粒子资料, 着重分析海盐粒子浓度变化与气象因子的关系。

资料的取样地理范围为 $6^{\circ}30'N$ — $5^{\circ}00'S$, $127^{\circ}00'E$ — $150^{\circ}00'E$ 。

取样方法为李塞根环法, 将涂有硝酸银和明胶水溶液的有机玻璃片放在电动取样器上, 海盐粒子随气流打在胶体上与硝酸银反应, 在显微镜下可见其生成的深褐色李塞根环, 据此识别出海盐粒子并测量出其尺度和数目。经过捕获系数订正, 计算出其数浓度和质量浓度。所有样品都是在船停航时取样, 一般在每天的00:00, 02:00, … 22:00时取样, 每次取样时间为10—20s, 取样时同时记录风向、风速、湿度等气象资料。

本文所用资料系指直径 $\geq 2\mu m$ 的巨盐核。

1987年6月9日收到, 1987年8月6日收到修改稿。

二、结果和讨论

1. 海盐粒子的谱型和平均浓度 海盐粒子的数浓度和质量浓度谱见图 1. 本航次共取得 182 个样品, 经常测量到的是 $2\text{--}10\mu\text{m}$ 的盐粒子, 直径大于 $15\mu\text{m}$ 的只观测到 5 次, 只有一次测到直径为 $20\mu\text{m}$ 的盐核. 由图可见, 巨盐核浓度基本上呈指数递减, 绝大部分为 $2\mu\text{m}$, 占 93.7%. 质量谱中极大值也在 $2\mu\text{m}$, 占 64%. 在 $10\mu\text{m}$ 处可能有第二极大值, 对总质量贡献不大. $13\mu\text{m}$ 后还有几个起伏, 估计是出现次数少所致.

182 个样品中, 最大数浓度为 900 个 A , 最小为 0 个 A , 算术平均值为 107 个 A , 平均质量为 $2.0 \times 10^{-10}\text{g A}$. 图 2 为浓度间隔 50 个 A 时各间隔中盐粒子出现的百分比, 统计说明, 出现在 $0\text{--}100$ 个 A 间的次数近 70%.

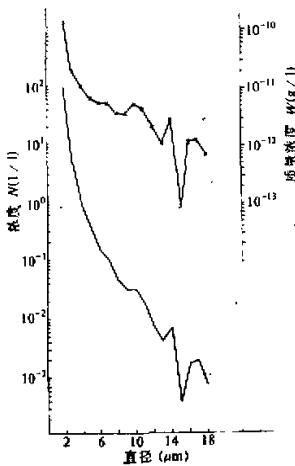


图1 海盐粒子的平均谱

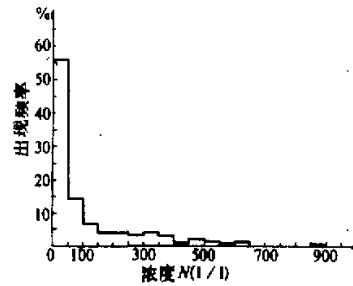


图2 各浓度间隔内海盐粒子出现次数的百分比

Woodcock^[1] 在一个热带风暴中得到平均海盐质量浓度为 $6.1 \times 10^{-7}\text{g A}$, 中等风速时为 10^{-8}g A , Hoffman 等^[3] 在北大西洋 ($10^\circ\text{--}20^\circ\text{N}$ 之间) 船上得到 $12 \times 10^{-8}\text{g A}$, 与这些结果比较, 我们的平均质量浓度低 2—3 个数量级. 原因可能是这一区域风速小 (2—3 级风占 66%, 见表 1). 因为一般地说, 风速小, 波浪小, 海盐粒子浓度低; 另外, 这一

表 1 各风速出现的频率

风 级	0	1	2	3	4	5	6	7
频 率 %	0.5	8.2	34.1	32.4	17.0	5.0	2.2	0.5

区域雨水较多, 在 10 月 26 日到 12 月 4 日 40 天中有 30 个雨日, 共降水 226.4mm. 降水对盐粒子有很强的清除作用, 是该海域盐粒子浓度低的重要原因之一. 看来, 西太平洋热带海域可能是海盐粒子的低产区.

2. 海盐粒子浓度的日变化 图3为取样间隔2h的海盐粒子平均浓度的日变化,可以看出,平均数浓度有起伏,但变化幅度不大,最大和最小值只相差1个数量级,表明近海面层大气中海盐粒子有稳定少变的特点,可能因为海洋是海盐粒子源地的缘故.从太阳升起的06:00到晚22:00一段时间内,盐核数浓度变化更小,最大和最小值只差1倍左右,但是在晚22:00到第二天06:00前却出现数浓度的小值时段,平均浓度只有36个/L.

我们的取样高度为15m,在层结不同或大气稳定度不同时,海洋表面气泡破裂形成的海盐粒子向上输送状况大不相同.白天对流活动较强,

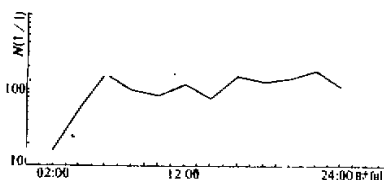


图3 海盐粒子数浓度的日变化

上海面风浪较大,因此,可测得较高的海盐数浓度;到了后半夜,比较风平浪静,大气也较稳定,因此,出现盐核低数浓度时段.

3. 海盐粒子数浓度与风及流场的关系 本航次取样地区处于赤道辐合带,将风向按 $0\sim 180^\circ$ 和 $181\sim 360^\circ$ 分为东西两个风向区,与之对应的平均海盐粒子浓度分别为158个/L和88.5个/L.就是说,东向区海盐粒子浓度几乎是西向区相应值的2倍.可能是,该海域有赤道逆洋流(自西向东)与偏东风相遇会激起风浪,增大海盐粒子的数浓度;相反,偏西风时为顺赤道逆洋流,海浪变小,盐粒子浓度也小.

将风速按 $0\sim 3.3$, $3.4\sim 7.9$ 和 $8.0\sim 20.0$ m/s分为三档,风向在 $0\sim 180^\circ$ 和 $181\sim 360^\circ$ 内的风速与海盐粒子浓度关系见表2.

可见,基本上,盐粒子数浓度随风速增大而增大.

表2 海盐粒子浓度与风速的关系

单位: 个/L

	$0\sim 3.3$ m/s	$3.4\sim 7.9$ m/s	$8.0\sim 20.0$ m/s	$0\sim 20.0$ m/s
$0\sim 180^\circ$	130.0 (23次)	230.1 (19次)	53.7 (7次)	158.1 (49次)
$181\sim 360^\circ$	77.8 (55次)	94.0 (71次)	112.3 (7次)	88.4 (133次)

我们知道,海浪飞溅和气泡破裂是海盐粒子形成的主要机制.这样形成的海盐粒子浓度大小与风速关系极为密切,即风掀起浪花将空气卷入海水中,由于浮力作用,这些空气带着海水以气泡形式向上喷射,气泡破裂后形成许多盐粒子悬浮在低空,有的在上升气流作用下可能被带到高空,有的在下沉气流或重力作用下又回到海水中.一般地说,风速越大产生的海盐粒子尺度越大,数目也越多.有人认为海洋表面气泡破裂时形成的喷射水滴差不多是直径大于 $1\mu\text{m}$ 海盐粒子的唯一来源.这就是我们观测到的海盐粒子浓度随风速增大而增大的主要原因.然而控制海盐粒子浓度的因素很多,风和浪之间也不是简单的线性关系.一般地说,大形势下持久的风力作用下,风和浪高的关系比较单纯.有时,局地形成的大风并不立刻掀起大浪.图4表明,风变化幅度很大,浪不是立即响应.在 $0\sim 180^\circ$ 向区内 $8.0\sim 20.0$ m/s时粒子浓度减小可能是这种原因造成的,加之本速度范围内的观测次数较少(7次),有一、二次这种情况,就可能使平均浓度大

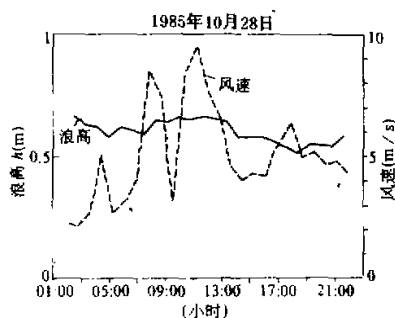


图4 风和浪随时间的变化

(1986年10月27日—1986年10月28日)

速减小时, 盐粒子浓度并不总是同时减少, 我们知道, 海水气泡产生的海盐粒子悬浮在空中, 一般认为直径 $2\text{--}3\mu\text{m}$ 的粒子, 其滞留时间为 $1\text{--}2$ 天^[4], 大风时产生的这种尺度的粒子, 低风速时并不立刻从大气中消失, 仍然悬浮在空中, 它们与当时风浪产生的盐粒子共同决定观测时的粒子浓度。19—24 日风速与盐粒子浓度的变化关系就是如此。因此, 似乎可以说, 在连续低风速时, 海盐粒子由高浓度降低到低浓度所需要的时间可视为海盐粒子的滞留时间的一个指标。

造成低风速时高粒子浓度还有另外一个原因。我们知道, 除局地风浪影响盐粒子浓度外, 还有观测时经过本站的气团的影响。如果在到达本站前 $1\text{--}2$ 天, 该气团经过高风速区, 它就成为含有高浓度盐粒的气团; 或者, 经过本站的是来向不同、经历不同的气团, 它们与局地条件共同决定观测值。10月30日和31日就是这种例子。10月30日本站位于 140°E 赤道上, 格林尼治 00:00 时关岛发布的地面天气图表明, 本站处在一幅合和辐散区边缘, 北京时 08:00 时风向 322° , 风速 4.5m/s (见图 6a), 粒子浓度为 94 个 $/\text{L}$ 。第二天, 本站风速减小为 2.0m/s , 但盐粒子浓度却增加到 130 个 $/\text{L}$ 。这一天的地面图表明本站处在一幅合带的南侧, 受南风气流影响 (见图 6b), 说明天气形势对

大减小。

上述为海盐粒子浓度与风速关系的平均状况。将 182 个数据点绘在一张图上发现, 并非所有点都遵守平均状况。值得指出的是, 小风速时存在海盐粒子的高浓度。比如, 11月17和18日平均风速为 5.1m/s , 平均浓度为 18 个 $/\text{L}$ 。19 日风速增大, 盐粒子浓度增大 (见图 5), 19 至 21 日平均风速为 6.5m/s , 平均浓度为 251.8 个 $/\text{L}$ 。22 至 24 日三天风速变小为 3.4m/s , 但盐粒子浓度并未减小, 反而加大, 为 285.8 个 $/\text{L}$ 。就是说风

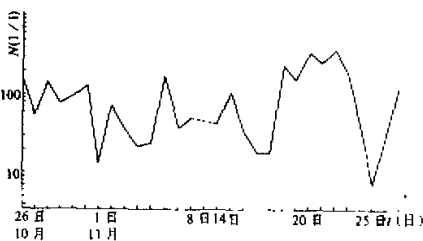


图5 海盐粒子浓度的日际变化

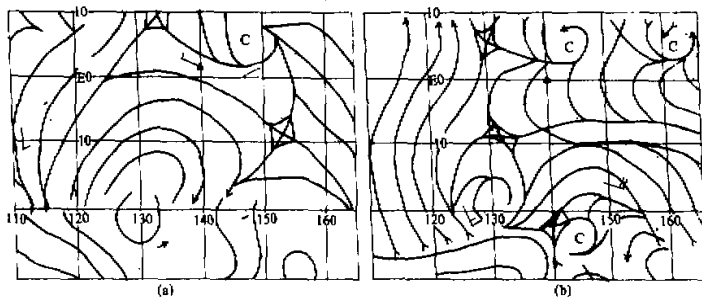


图6 地面流场图 (GMT00Z), 图中三角为测站位置

(a) 1986年10月30日地面图

(b) 1986年10月31日地面图

测站的盐核浓度有较大影响。

本航次观测中, 日平均浓度最大值为 361 个 Λ , 最小值为 7.7 个 Λ , 分别出现在 11 月 23 日和 26 日。从图 7 可见, 这两天本站分别位于流场的辐散区和辐合区。由于本站所处当天天气图上的位置, 多数在辐合和辐散区之间, 哪种影响占优势不易估计。但是

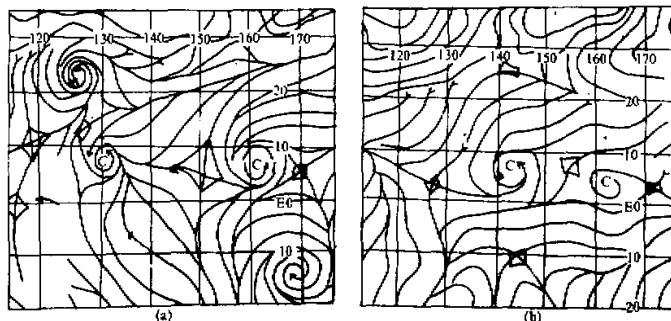


图 7 地面流场图 (GMT00Z)

(a) 1986 年 11 月 23 日

(b) 1986 年 11 月 26 日

类似于 11 月 23 日和 26 日的情况还有 2 日和 8 日(处在辐散区), 3 日、14 日和 27 日(处在辐合区), 相对比较, 它们分别对应于高浓度日和低浓度日。测站所处流场位置与海盐粒子浓度的关系是一个需要进一步观测和深入探讨的问题。

4. 小结 从以上分析可以得出:

(1) 西太平洋热带海域, 平均海盐粒子浓度为 107 个 Λ , 平均质量浓度为 $2.0 \times 10^{-10} \text{ g } \Lambda$; 低浓度值出现频数较高, 0—100 个 Λ 占 70%。因此, 该海域可能是巨型海盐粒子的低产区。

(2) 平均盐粒子浓度的日变化起伏不大, 在后半夜至清晨呈低值时段, 可能与大气稳定度有关。

(3) 多数情况下, 随风速增加盐粒子浓度增加。小风速时的高盐粒子浓度现象可能是大风浪时产生的盐粒子悬浮在空中, 并滞留 1—2 天的时间, 与测量时小风速产生的粒子一起, 使此时呈现高浓度; 也可能是经过本站的气团在到达本站前经历大风浪区成为高盐粒子含量的气团, 或者来向不同的气团造成的。

(4) 测站处于地面图上辐合中心时的低粒子浓度值和辐散中心时的高值, 是一个值得进一步观测和深入探讨的问题。

参 考 文 献

- [1] Woodcock, A. H., 1950, Sea-salt nuclei in a tropical storm, *J. Meteor.*, 7, 397—401.
- [2] 沈志来等, 1981, 我国近海和陆地巨盐核的分布特点和变化规律, *气象学报*, 第 39 卷, 第 2 期, 205—216.
- [3] Hoffman, G. L. and R. A. Duce, 1974, Chemical fractionation of alkali and alkaline earth metals in atmospheric particulate matter over the North Atlantic, *J. de Rech. Atmos.*, 8, 675—688.
- [4] Liss P. S. and W. G. N. Slinn, 1982, *Air-Sea Exchange of Gases and Particles*, 423 pp.