

海洋上巨盐核特性的研究

吴玉霞 沈志来 黄美元

(中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029)

提要 于1986年10—12月和1987年9—11月分别在西太平洋热带海域(5°N — 6°S , 21° — 3°N)作巨盐核观测, 资料分析结果表明, 10°N 以北海域大气中巨盐核浓度大于赤道海域。海洋虽是巨盐核的源地, 但其浓度却低于沿海和海岛。而高于内陆。无论是内陆, 还是海洋和沿海, 大气中的巨盐核浓度都与风向风速有关。在陆地和沿海, 相对湿度对巨盐核浓度影响较大, 而在海洋地区这种影响并不明显。

1987年9月14日—11月3日, 我们随“科学1号”考察船对西太平洋热带海域(21° — 3°N , 120° — 135°E) 大气中巨盐核浓度进行了观测, 取样和资料处理方法见文献[1—4]。取样是在停船时进行的, 约每航行3小时定一个测试站, 每个测站取一份资料, 包括盐核谱, 海水盐度、湿度、风向、风速等有关资料, 观测点设在离海面15m的船甲板上。于10月4日—10月9日在6[#] 试验站(18°N , 132°E) 进行了5天的同步观测。

一、观测结果和分析

1. 海洋大气中巨盐核的分布

将1987年科学考察的海域(21° — 3°N)分为 10°N 以北和 10°N 以南两个海域, 1986年考察的赤道海域(6°N — 5°S)也作为一个区域, 这三个区域大气中的巨盐核浓度及各浓度的相对频率列入表1。赤道海域大气中巨盐核浓度最低, 为107个/L; 10°N 以南海域大气中巨盐核浓度介于赤道海域和 10°N 以北海域大气中巨盐核浓度之间, 巨盐核浓度为119个/L; 10°N 以北海域大气中巨盐核浓度最大, 为186个/L, 质量浓度达 $9.41 \times 10^{-10}\text{g/L}$, 而赤道海域巨盐核质量浓度仅为 $2.00 \times 10^{-10}\text{g/L}$ 。在 21° — 15°N 的海域中, 大气中巨盐核的平均浓度高达233个/L, 为 10°N 以南海域大气中巨盐核的两倍。巨盐核浓度 >50 个/L和 >100 个/L的频数也是 10°N 以北的海域多于 10°N 以南海域。北部海域大气中巨盐核浓度高的原因可能是该地区出现大风的频率比 10°N 以南要大。在 8°N — 2°S 称为赤道无风带, 1986年在赤道海域观测到的0—3m/s风速约占42%^[2], 而1987年在 10°N 以北海域观测到0—3m/s仅为22%, 在 10° — 3°N 的海域0—3m/s风出现的机率为38.7%, 均比赤道海域出现的机率小。但是出现 $>6\text{m/s}$ 的较大风速的频率却是随着纬度的增加而增加(见表2), $>6\text{m/s}$ 的风速在 10°N 以北海域出现的频率达31%, 而在 6° — 5°N 的赤道海域出现的频率不到8%。在赤道地区由于蒸发量小于降水量, 而使该海域海水的盐度较低。我们以海表面以下 $3 \pm 0.5\text{m}$ 层的海水为代表, 计算了

10°N 以北和 10°N 以南两个海域的平均盐度, 发现 10°N 以北的海域盐度比 10°N 以南海域要高。在我们的观测中, 当海水的盐度超过 34.40 时, 有 77% 的巨盐核日平均浓度大于 100 个/L, 而在巨盐核日平均浓度不到 100 个/L 时, 绝大部分 (70%) 海水盐度不到 34.40, 最低的仅为 31.68。

表 1 巨盐核浓度 (个/L) 随纬度的变化

Tab. 1 Change of the concentrations of giant salt nuclei with latitude

考察海域	样品数	平均浓度	平均质量 (g/L)	<50 个/L (%)	>50 个/L (%)	>100 个/L (%)	盐度
10°N 以北	73	186	9.41×10^{-10}	51	49	35	34.36
10°N 以南	30	119	3.46×10^{-10}	67	32	21	33.81
赤道海域	180	107	2.00×10^{-10}	56	30	30	

表 2 不同海域各风速出现的频率 (%)

Tab. 2 Frequency number (%) of various wind speed in the different ocean areas

风速 (m/s)	0—3	3—6	6—8	>8	盐度
10°N 以北	22.0	47.0	24	7	34.36
10°N 以南	38.7	52.0	6	3	33.81
赤道海域	42.8	32.4	5	2.7	

由于赤道地区风速较小, 加之该地区降水量大于蒸发量而使海水中盐度较低, 因此携带到空中的巨盐核粒子较少。在 10° 以北地区, 风速相对要大些, 在该海域又常有风暴形成, 风暴时空气中巨盐核浓度要高得多^[6]。因此在 10°N 以北海域观测到的巨盐核浓度要比赤道附近高。1958 年 Toba 根据 20 年气候资料计算的全球海洋巨盐核浓度的分析, 也是赤道附近最低, 随着纬度的增高, 巨盐核浓度增大^[5], 我们的观测结果与此是一致的。

2. 不同地区的巨盐核浓度的比较

从表 3 可以看到: 沿海、内陆和海洋三个地区的巨盐核浓度是不同的。在 21—3°N 的西太平洋海域大气中的巨盐核的浓度要比北京、屯溪和建德等内陆以及 6°N—5°S 的赤道海域大气中巨盐核浓度高些, 而比大连、普陀、海洋岛等沿海和岛屿的浓度低很多。无论是平均浓度、日平均最大值和绝对最大值, 都是沿海和岛屿最高。平均浓度, 海洋岛为 847 个/L; 大连 763 个/L; 普陀 591 个/L; 北京只有 119 个/L; 地处内陆的屯溪, 平均浓度只有 50 个/L; 西太平洋海域平均浓度 146 个/L, 赤道海域平均浓度为 107 个/L。一般来说, 大气中巨盐核主要来自海洋, 陆地来源较少, 所以海洋、岛屿、沿海地区, 巨盐核较多, 而内陆、山区则较少。沿海和岛屿, 由于沿海和岛屿风浪较大, 海水撞击海岸更容易溅起泡沫形成巨盐核; 而内陆和山区, 巨盐核是由海洋上产生传输过去的。特别处于山区的屯溪地区, 风速较小, 所以巨盐核浓度最小。

3. 大气中巨盐核的浓度和风向风速的关系

大气中巨盐核浓度与风向、风速关系密切。一般认为, 大气中巨盐核主要来自海洋, 海

表3 不同地区巨盐核浓度(个/L)

Tab. 3 Concentrations of giant salt nuclei in various regions

地点		观测次数	平均浓度	日平均 最大值	日平均 最小值	绝对 最大值	绝对 最小值
沿海	海洋岛	96	847	3 106	28	11 609	0
	大连	158	763	2 438	40	5 516	0.2
	普陀	453	591	4 099	0.7	7 626	0
内陆	北京	179	119	519	0.3	1 522	0
	建德	511	138	1 001	0	3 996	0
	屯溪	261	50	239	1.3	1 260	0
海洋	西太海域①	113	146	532	8.4	2 757	0
	赤道海域②	180	107	350	7	900	0

① 21—3°N 海域称西太海域,下同; ② 6°N—5°S 海域称赤道海域。

浪飞溅和气泡破裂是海盐粒子形成的主要机制。因此,海洋上风速越大,产生的海盐粒子越多(表4)。这些粒子被上升气流作用带到高空,在水平气流和湍流作用下向内陆输送。

表4 21—3°N 海域巨盐核浓度和风速的关系

Tab. 4 Relationship between the concentration of giant salt nuclei and the wind speed in the ocean area of 21—3°N ocean area

风速 (m/s)	0—3	3—6	6—8	≥8
浓度(个/L)	95.7	101.1	164.0	379.6

在内陆观测到的大气中巨盐核浓度和风速的关系,并不象海洋上对应得那么好,风速大时并不一定浓度高(表5)。在北京和建德,随风速的增加,盐核的浓度反而减少了。北京在偏北风时,风速由 < 1m/s 增加到 3m/s,盐核浓度由 296 个/L 迅速减少到 0.3个/L;而在偏南风时,随着风速的增加,浓度减少得较缓慢。这主要是北京东南方向为海洋,

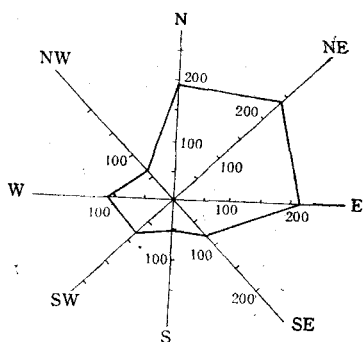


图1 巨盐核浓度与风向的关系

Fig. 1 Relationship between the concentration of giant salt nuclei and wind direction

有盐核输过来。在海洋岛、普陀和洋面上,无论风向如何,巨盐核浓度均随风速的增大而增大。在宁波和屯溪是在一定的风向条件下,浓度随风速增加而增加,这就是说,在陆地上,盐核浓度与风向更为密切。风向反映了巨盐核的来向,海洋岛虽处于海洋中,偏南风时巨盐核浓度比偏北风时浓度要高,原因是岛南部为广阔的海洋,北部靠近陆地不开阔,因此偏南风增加而产生的巨盐核数大大地多于偏北风增大的巨盐核数。内陆观测的盐核浓度,在不同的地理位置,风向的影响是不同的。一般地说,风来自海洋一方时,盐核浓度高于吹向海洋方向时浓度;在洋面上,海流的

作用对不同的风向也有影响, 逆海流方向的风向时, 巨盐核浓度比顺海流方向的风向时要大。在赤道附近, $0-180^\circ$ 风向时盐核浓度比风向 $181-360^\circ$ 时浓度多一倍, 主要是赤道逆流的影响^[2], 1987 年在西太平洋海域观测中, 北和东风时巨盐核浓度比其它风向时都高, 可能主要是海流从菲律宾附近转向北流。北和东北风时逆风影响海面, 更容易溅起海水飞沫, 产生更多的海盐粒子 (图 1)。

表 5 巨盐核浓度与风向风速的关系

Tab. 5 Relationship between the concentration of giant salt nuclei and the wind direction/velocity

地 点	风速 (m/s)	风 向	浓度 (个/L)	风 向	浓度(个/L)
北 京	≤ 1	偏 北	296.0	偏 南	84.0
	1		5.0		80.0
	> 3		0.3		31.0
建 德	0-2	偏 东	68.0	偏 西	36.0
	> 2		10.0		5.3
屯 溪	≤ 1.5	东北-东	67.0		
	> 1.5		151.0		
	≤ 1	南-西南	32.8		
	> 1		16.5		
海 洋 岛	< 5	偏 北	560.0	偏 南	570
	≥ 5		879.0		1706
普 陀	0-2	偏 东	444.0	偏 西	404.0
	> 2		1 394.0		> 95
西太海域	≤ 3.5	偏 北	64.5	偏 南	57.4
	> 3.5		241.9		77.9

4. 海盐粒子的垂直输送

我们于 9 月 19 日和 9 月 21 日分别作了巨盐核向大气垂直输送的试验。试验分别在 1 甲板、2 甲板和 3 甲板进行, 离海面分别约为 2m、7m 和 15m, 观测结果如表 6 所示。当风速为 1m/s 时, 海面上由海水溅起的飞沫产生的巨盐核仅在海面附近, 由于重力作用, 随着高度的增加巨盐核浓度减少。当风速增大到 3.1m/s 时, 由于湍流的加强, 使近海面产生的粒子随空气上升并被带到空中, 这样, 在较高高度的海面上的海盐粒子比近海面盐核浓度反而要大。这同在风速较大时我们观测到的巨盐核浓度大体一致。

表 6 巨盐核浓度 (个/L) 的垂直分布

Tab. 6 Vertical distribution of concentration of giant salt nuclei

风 速 (m/s)	高 度 (m)		
	2	7	15
1.0	188.7	87.3	11.6
3.1	35.5	7.5	53.5

5. 巨盐核浓度与相对湿度的关系

巨盐核浓度与相对湿度的关系,不同的区域也是不同的。一般地说,在陆地上,相对湿度大时小盐粒凝结长大成巨盐核。而相对湿度小时盐粒被蒸发缩小,因此,在内陆巨盐核浓度与相对湿度呈正相关趋势。相对湿度 $\leq 50\%$ 时,北京的巨盐核浓度仅为 15 个/L,当相对湿度大于 50% 时,盐核的平均浓度达 200 个/L; 海洋岛的盐核浓度也随相对湿度的增加而增大,但是增大的幅度没有北京大;在西太平洋洋面上,相对湿度对盐核浓度的影响不大(表 7)。表 7 表明了陆地、海岛和洋面上三个不同区域的大气中巨盐核浓度与相对湿度关系。这三个区域盐核浓度与相对湿度的相关程度不一样,北京增加最明显,比值为 13;海洋岛增加较慢,相对湿度 $> 50\%$ 时巨盐核浓度为 $\leq 50\%$ 时的 4 倍;在西太平洋海域,盐核浓度与相对湿度的关系变化不明显,比值为 1.15,接近于 1。可以说,在洋面上相对湿度对巨盐核浓度的影响不大。

表 7 巨盐核浓度与相对湿度的关系

Tab. 7 Relationship between the concentration of giant salt nuclei and the relative humidity

地 点	$f \leq 50\%$ 时 盐核平均浓度 (A)	$f > 50\%$ 时 盐核平均浓度 (B)	比值 $\left(\frac{B}{A}\right)$
北 京	15	200	13
海 洋 岛	2.78	996	4
西太海域	130.6	157	1.15

二、结 论

1. 在 21°N 到赤道附近的西太平洋洋面上,随着纬度的降低,巨盐核浓度相对减少,主要原因是在此海域,随着纬度的降低,0—3m/s 较小风速出现的机率增大。

2. 根据不同区域的巨盐核浓度观测分析发现,在沿海的大气中巨盐核浓度较高,这可能由于海水撞击大陆海岸更容易溅起泡沫形成巨盐核,内陆的巨盐核最少。在太平洋洋面上,巨盐核浓度比内陆多,比沿海和岛屿少。

3. 在海岛、沿海和洋面上,随着风速的增大巨盐核浓度也增大,而在内陆地区,盐核浓度与气流来向关系更为密切。

4. 海洋是巨盐核产生的主要源地,当风速较小时,海水泡沫破碎产生的巨盐核只停留在近海面的大气中,当风速 $> 3.0\text{m/s}$ 时,有相当一部分的巨盐核被带到较高的大气中,由水平输送将巨盐核送到较远的地方。

5. 由于海洋面上相对湿度的变化没有大陆上相对湿度变化剧烈,相对湿度对巨盐核浓度的影响不明显。而在内陆,巨盐核的浓度是随相对湿度的增加而增大的。

参 考 文 献

- [1] 沈志来、沈洪、何珍珍, 1981。我国近海和陆地巨盐核核的分布特点和变化规律。气象学报 39(2): 205—216。
 [2] 沈志来、吴玉霞、黄美元, 1989。西太平洋热带海域海盐粒子的观测和结果。大气科学 13(1): 85—91。

- [3] 何珍珍、沈志来、杨蕴玉, 1984. 屯溪地区巨盐核浓度分布特点. 大气科学 8(2): 211—218.
- [4] 何珍珍、黄美元、陈炎涓, 1985. 我国东部 (30°N) 从海岛到陆地巨盐核观测. 大气科学 9(3): 251—259.
- [5] Toba, Y., 1965. On the giant sea-salt particles in the atmosphere I. General features of the distribution. *Tellus* 17: 131—145.
- [6] Woodcock, A. H., 1950. Sea-salt nuclei in a tropical storm. *J. Met.* 7: 397—401.

GIANT SALT NUCLEI OVER OCEAN

Wu Yuxia, Shen Zhilai and Huang Meiyuan

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica, Beijing, 100029)

ABSTRACT

The concentrations of giant salt nuclei ($\geq 2\mu\text{m}$ in diameters) were measured on board ship from October to December, 1986 and from September to November, 1987, over Tropical Western Pacific Area (5°N — 6°S , 130 — 150°E and 21 — 3°N , 120 — 135°E respectively). The main results are as follows.

1. The average number concentrations of sea salt particles increase with increasing in latitude. It is well known that the main contribution for producing sea salt particles is from larger wind speed. According to the statistics, the frequency of wind speeds larger than 6m/s in higher latitude is higher than that in low latitude, which is responsible for the feature of concentration distribution mentioned above.

2. The average concentration of salt particles (146L^{-1}) over 21 — 3°N sea area is larger than that over inland continent such as Beijing (119L^{-1}), and Tunxi (50L^{-1}), Anhui Province, but less than those over shore and island, such as Dalian (763L^{-1}), Liaoning Province, Putuo (591L^{-1}), Zhejiang Province and Haiyang island (847L^{-1}), Liaoning Province, China.

3. Wave splash and bubble bursting on sea surface are the main mechanism of producing salt particles. When the wind speeds increase from 0 — 3ms^{-1} to over 8ms^{-1} , the concentrations increase correspondingly from 95.7L^{-1} to 379.6L^{-1} in 3 — 21°N ocean area.

Near the equator when the direction of wind is in 0 — 180° the concentration of sea salt is twice larger than that in 180 — 360° . In the north of this ocean area, the concentration of sea salt is high when the direction of wind is in 0 — 90° .

In contrast with over ocean surface, the concentrations of salt particles over inland continent decrease with increasing in wind speed and the extent of change in concentrations is related to the wind direction.

The concentrations of giant salt nuclei increase with increasing in humidity over inland continent, the extent of increase over island is small in comparison to that over inland continent, and the concentrations are not much related to humidity over this sea area.