

屯溪地区巨盐核浓度分布特点

何珍珍 沈志来 杨蕴玉 李智边*

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

1981年6—7月安徽省屯溪地区巨盐核观测的结果表明: 1. 直径2微米左右的巨盐核可能对屯溪夏季积状云中一些初始大云滴的形成起重要作用; 2. 屯溪地区的巨盐核主要源地是海洋, 该地的巨盐核浓度与风向、风速以及天气背景密切相关。

一、概 况

1979—1981年6—7月我们在安徽屯溪利用雷达对积状云进行观测, 资料表明, 云中初始回波有95%以上都是在0℃层以下暖区出现的, 这似乎可以认为屯溪地区夏季积云中的降水粒子首先是在暖区形成的, 因而对南方夏季发展迅速, 往往在很短时间就产生降水的积云来讲, 暖云过程起着重要作用, 也即云滴的碰并增长是产生降水的主要机制。目前一般认为, 开始进行碰并所要求的最初一些大云滴可能是由巨盐核所提供的。因此, 观测大气中的巨盐核, 了解其来源和变化规律, 以及与天气背景的关系等等, 对研究暖云降水过程有着重要的意义。

我们在安徽屯溪从1981年6月25日至7月28日共观测34天, 从06时到22时每隔两小时整点进行观测, 共取样261次。观测地点设在四周比较开阔的屯溪机场附近(29°31'N, 118°17'E)。取样仪器为电动三用滴谱仪, 盐核的测量方法与1978年在海洋岛、大连和北京的观测方法相同^[1]资料处理中采用Ranz和Wong^[2]的气溶胶射流的圆形理论撞击效率值来进行了捕获系数订正。

二、观测结果

1. 巨盐核的浓度和谱分布

屯溪所观测到的巨盐核浓度要比海洋岛、大连和北京所得的结果小些(表1), 从表1可看到巨盐核浓度随着与海洋距离的增加而减少, 例如以平均浓度来讲, 海洋岛最多为847个/升, 地处沿海的大连为763个/升, 离海稍远的北京只有119个/升, 屯溪又比北京离海远些, 其平均浓度仅50个/升, 比海洋岛和大连的浓度小一个量级。从浓度的相对频数分布来看(表2), 样品浓度数大于100个/升的北京为27%, 而屯溪只有13%。但北京

1982年12月25日收到。1983年3月22日收到修改稿。

* 李智边系南京气象学院1982年毕业生

表 1 不同地区的巨盐核浓度 (单位: 个/升)

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
海洋岛	96	847	3106	28	11609	0
大 连	158	763	2438	40	5516	0.2
北 京	179	119	519	0.3	1522	0
电 溪	261	50	239	1.3	1260	0

表 2 巨盐核浓度(个/升)值的相对频数分布

	北 京	电 溪
浓度大于 10 个/升的相对频率	56%	55%
浓度大于 50 个/升的相对频率	36	25
浓度大于 100 个/升的相对频率	27	13
浓度大于 200 个/升的相对频率	20	5
浓度大于 500 个/升的相对频率	6	0.8
观 测 次 数	179 次	261 次

和电溪的巨盐核样品都有半数以上的浓度值大于 10 个/升, 这说明陆地上巨盐核的浓度以 10^1-10^2 个/升占多数。

再从大连、北京和电溪三地所观测到的巨盐核浓度谱分布情况分析(表 3), 绝大多数为直径 2 微米的巨盐核, 其浓度占不同大小巨盐核总数的 95% 以上, 平均浓度为 10^1-10^2 个/升。直径 3 微米的粒子在海洋岛和大连的平均浓度分别为 30 个/升和 10 个/升, 北京为 4 个/升, 而电溪仅 1 个/升, 其浓度比沿海大连的浓度要小一个量级。直径 ≥ 4 微米的粒子则更少了, 海洋岛为 9 个/升, 占不同大小巨盐核总数的 1% 左右, 而大连只占总数的 0.1%。这说明从海洋上输送粒子时, 大粒子易于沉降, 小粒子容易输送得更远些。直径 ≥ 4 微米的粒子在电溪也仅为 0.2 个/升, 占总数的 0.4%。

表 3 不同地区各种不同大小巨盐核分布情况

地 点	直径=2 微米		直径=3 微米		直径 ≥ 4 微米		共 计	
	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)
海 洋 岛	808	95.4	30	3.5	9	1.1	847	100
大 连	752	98.5	10	1.4	1	0.1	763	100
北 京	114	95.8	4	3.2	1	1.0	119	100
电 溪	48.8	97.6	1.0	2.0	0.2	0.4	50	100

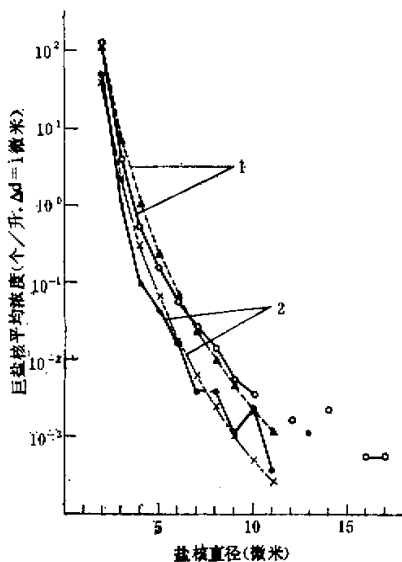


图1 巨盐核平均谱

1—北京, 2—屯溪 虚线: 计算值, 实线: 观测值

屯溪和北京的巨盐核平均谱较为相似(图1), 谱较窄(北京 $d_{\max} = 17$ 微米, 屯溪 $d_{\max} = 13$ 微米), 都属于陆地型。对巨盐核($d \geq 2$ 微米)的谱分布可用下式表示:

$$N(d) = 10^2 N_0 d^{-\alpha}$$

式中 N_0 是总浓度, d 为盐核直径, α 为与谱型有关的系数。

屯溪盐核($d \geq 2$ 微米)的谱分布为: $N(d) = 10^2 N_0 d^{-7.00}$

北京盐核($d \geq 2$ 微米)的谱分布为: $N(d) = 10^2 N_0 d^{-6.75}$

图1中的虚线为根据以上两式计算得到的谱分布曲线, 可以看到两地的实测谱分布和计算谱分布曲线两者都吻合得很好, 相关系数为 0.99。

2. 巨盐核的日变化规律

从图2a可看到屯溪巨盐核的日变化规律以早晨06时和08时的浓度最大, 14时为浓度第二峰值, 这似乎与海洋岛、大连13时出现的第二峰值情况^[10]有些相似。但我们计算了屯溪盐核浓度观测值的变异系数 $K = \frac{\sigma_s}{\bar{N}}$ (式中 $\bar{N}$ 为各观测时的平均浓度, σ_s 为浓度的标准差)。从图2a的虚线中可看出06时和14时的变异系数都很大, 尤其14时的变异系数为3.5, 也即表明这两个时刻巨盐核浓度值的离散度较大。从资料分析发现, 这是由于个别比平均浓度大得多的浓度值所引起的。由于台风天气的影响, 7月23日06时和7月22日14时各出现一次极大值, 其浓度分别为1260, 1079个/升(据分析所有观测中, 只有这两次浓度超过1000个/升), 如去掉这两个过份偏大的观测值, 得到的盐核浓度日变化规律就如图2b所示。图中06时的浓度明显下降, 14时的峰值也消失了, 同时06时和14

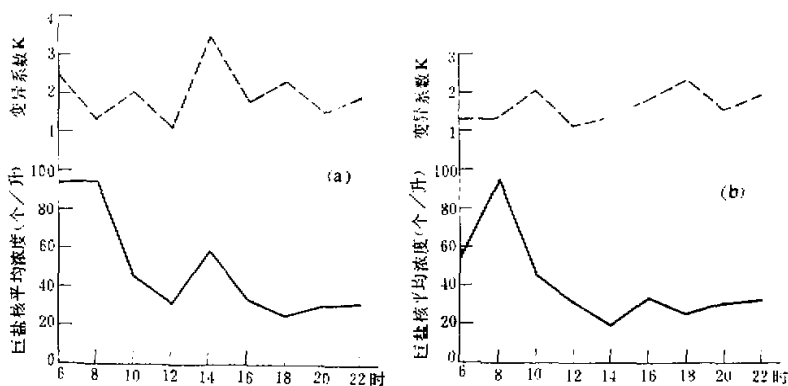


图2 屯溪巨盐核浓度日变化(1981年6-7月)

时的变异系数均小于1.4。因而从图2b中可看出巨盐核浓度极大值出现在08时。由于08时的变异系数小,说明观测的浓度离散度小,该峰值是可信的。这可能由于早晨大气层结较稳定,湍流交换系数较小,使得08时浓度达到最大值,以后随着湍流交换系数的增大,使盐核粒子向空中输送,而使08时后巨盐核的浓度逐渐减小。北京的日变化规律也是在08时出现峰值^[3],两者日变化曲线的形式很相似。因此,总的来讲,屯溪所观测到的巨盐核,无论从浓度分布、谱型和日变化规律方面,都与北京所测到的巨盐核情况有很多类似之处,这可能是我国大陆巨盐核分布的普遍情况。

3. 巨盐核浓度与风向、风速的关系

屯溪地区巨盐核浓度与风向、风速有比较密切的关系,图3为不同风向情况下的平均浓度。北风到东南风(包括北风、东北风、东风、东南风)时,盐核比较多;而南到西北风(即南风、西南风、西风和西北风)时,巨盐核明显减少,前者的平均浓度要比后者大4—5倍。如果去掉两次浓度超过1000个/升的观测值(即1260, 1079个/升),平均浓度和风向的关系如图3中的虚线所示,东半部风向区的平均浓度仍明显地比西半部风向区高3倍。

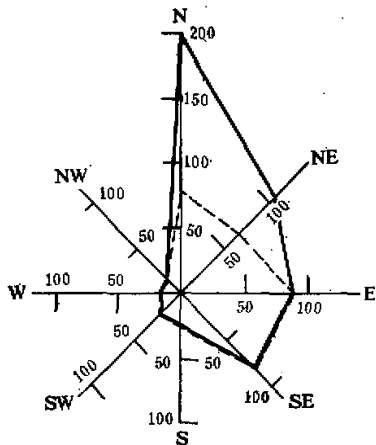


图3 巨盐核浓度与风向的关系
坐标上数字系浓度数(单位:个/升)

因此,从图中可以分析出屯溪地区巨盐核主要来源于东面广阔的海洋上,这点在盐核浓度与风速关系方面也得到证实。偏东风时,盐核浓度随风速的增大而浓度增多(表4)。例如,出现东北→东风,并当风速大于1.5米/秒时,浓度就明显要比风速小于1.5米/秒时的浓度多。这可能是由于风速增大时,东面海洋上

表 4 巨盐核浓度与风速关系

风 向	东 北 → 东 风 NE → E		南 → 西南 风 S → SW	
风 速	$v \leq 1.5$ 米/秒	$v > 1.5$ 米/秒	$v \leq 1.0$ 米/秒	$v > 1.0$ 米/秒
观测次数	27	15	46	29
$d = 2$ 微米平均浓度	65	149	32	16
$d \geq 3$ 微米平均浓度	1.8	2.1	0.8	0.5

产生的巨盐核更多地随平流输送到陆地上来。南到西南风时, 盐核浓度随风速的增大而减少, 风速小于 1 米/秒时, 要比风速大于 1 米/秒时的浓度大一倍左右。但是, 对 $d \geq 3$ 微米的粒子, 其浓度与风速关系不大。这可能由于偏南风时, 测站南边离海远, 平流输送作用不大, 而且当风速增大时, 乱流交换增强, 使盐核输送到空中较高处, 导致地面巨盐核浓度相对减少。但对较大的盐核 ($d \geq 3$ 微米) 就不如较小粒子容易向上输送, 因而表现出 $d \geq 3$ 微米的巨盐核浓度与风速关系不大。

4. 巨盐核浓度分布与天气背景的关系

从观测中看出, 巨盐核浓度分布也与天气背景有关(表 5)。台风边缘影响时, 巨盐核的浓度要比其他天气时大好几倍, 观测期间有过两次台风, 都在测站的东北方向沿海登

表 5 不同天气背景下的巨盐核浓度(屯溪)

天气背景	观测次数	平均浓度 (个/升)	最大浓度 (个/升)	最小浓度 (个/升)	平均直径 (微米)	最大直径 (微米)
台风边缘影响	39	149	1260	0	2.02	11
锋面低压天气	63	46	306	0	2.03	10
副高边缘影响	105	37	553	0	2.04	13
雨 后	54	5.9	48	0	2.04	6

表 6 各种天气背景下屯溪巨盐核浓度(个/升)值的相对频数分布

	台风边缘影响	锋面低压	副高边缘	雨 后
浓度大于 10 个/升的相对频率	85%	70%	50%	22%
浓度大于 50 个/升的相对频率	62	33	20	0
浓度大于 100 个/升的相对频率	38	13	10	0
浓度大于 200 个/升的相对频率	18	3	3	0
浓度大于 500 个/升的相对频率	5	0	1	0
观 测 次 数	39 次	63 次	105 次	54 次

表 7 各种天气背景下屯溪不同大小巨盐核分布情况

天气背景	直径=2 微米		直径=3 微米		直径 ≥ 4 微米		共 计	
	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)	平均浓度 (个/升)	相对频率 (%)
台风边缘影响	147.5	98.8	1.6	1.0	0.3	0.2	149.4	100
锋面低压天气	44.4	97.3	1.1	2.3	0.1	0.4	45.6	100
副高边缘影响	35.9	96.3	1.2	3.3	0.2	0.4	37.3	100
雨 后	5.8	98.0	0.07	1.2	0.03	0.8	5.9	100

陆,测站都吹偏东风,风速也较大。从上述的浓度与风向、风速的关系来分析,台风天气影响下,盐核浓度增大主要是由于海面受台风影响,海浪大,溅沫多,使形成的盐核大量增多,粒子随着偏东风从海面上输送过来。夏季台风一般都在我国的江浙及福建沿海登陆,所以屯溪受台风的影响要比北京大。

静止锋天气系统测站处于锋前时,为西南或偏南气流,处于锋后时为西北气流,锋前、锋后天气中巨盐核浓度变化不大,远不如北方冷锋过境前后巨盐核浓度明显地由峰值减少到谷值。

雨后巨盐核的观测值表明,雨水冲刷作用是明显存在的,54次观测中有27次未观测到盐核,雨后的巨盐核平均浓度只有5.9个/升,最大粒子直径仅6微米,说明大粒子都被雨水冲刷了。

从浓度相对频数分布比较(表6)可看到,除了雨后有半数未测到巨盐核外,其余三类天气背景下,巨盐核浓度均有半数以上为 10^1-10^2 个/升。台风边缘影响的天气有38%样品的浓度大于100个/升,副高天气只有10%样品的浓度大于100个/升。另外,我们从表7中看到屯溪不论在什么天气背景情况下,浓度谱分布中直径2微米的盐核都占不同大小盐核总数的96%以上。除雨后冲刷作用外,其余三类天气

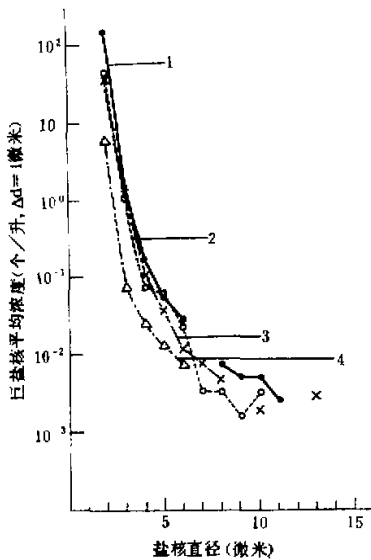


图 4 各种天气背景下屯溪巨盐核平均谱
(1981年6—7月)

- 1——台风边缘影响 2——锋面低压天气
3——副高边缘影响 4——雨后

背景下,直径2微米的盐核平均浓度有 10^1-10^2 个/升;直径 ≥ 3 微米的巨盐核浓度值,受台风边缘影响时虽稍多些,但差别不太明显,这可能是由于在台风天气影响下,绝大多数是直径2微米左右的巨盐核随气流从海洋上输送到测站的,而更大一些的盐核大多数在输送过程中沉降。此外,在观测中也进一步证实雨水的冲刷作用对直径 ≥ 3 微米的巨盐

核也是非常显著的。

尽管各种不同天气背景下屯溪巨盐核浓度分布不同,但它们的平均谱型(图4)仍比较相似,尤其是受台风边缘影响、锋面低压天气和副高边缘影响三类天气背景下的盐核平均谱谱形很相近,谱宽也差不多。雨后观测到的平均谱则比较窄、浓度也小。

三、几点看法

1. 目前一般认为夏季南方积状云中暖云降水过程所需要的初始大云滴浓度数估计为 10^{-1} — 10^0 个/升,假定近地面巨盐核数中有 10%—1% 能上升进入云内起到大云滴中凝结核的作用,则近地面巨盐核的浓度数至少要有 10^0 — 10^2 个/升,才能有利于云的发展。屯溪的观测资料表明,直径 2 微米的巨盐核一般为 10^1 — 10^2 个/升,直径 3 微米的粒子平均浓度为 1 个/升,而直径 ≥ 4 微米的粒子数仅 0.2 个/升。因此,虽然从巨盐核粒径大小的角度考虑,大粒子要比小粒子在云中过饱和状态下形成大云滴的速度更快些,但在近地面直径 3 微米粒子的浓度要比 2 微米的浓度小一、二个数量级,直径 ≥ 4 微米的浓度则更小,它在不同大小巨盐核的总数中仅占 0.3% 左右。因此,从浓度来讲,直径 3 微米的盐核从近地面向上升能进入云中充当大云滴凝结核的数量就大大地小于直径 2 微米的粒子数;对于直径 ≥ 4 微米的粒子,不但浓度太小,而且也远不如小粒子容易随上升气流向上输送,进入云中的则更少了。所以我们认为,如果夏季南方积云在初始大云滴的形成过程中巨盐核起到重要作用的话,则对于屯溪地区的夏季积云来讲,应该是直径 2 微米左右的巨盐核对云中大云滴的形成贡献较大,而直径 ≥ 4 微米的巨盐核则贡献较小。

2. 从屯溪和北京的盐核实测资料分析中,使我们进一步了解到陆地巨盐核浓度分布的特点: 谱型为指数递减谱,谱窄,以直径 2 微米左右的盐核居绝大多数;日变化在早晨 08 时出现极大值;雨水冲刷作用能使近地面盐核浓度大为减少,特别是对直径 ≥ 3 微米的盐核冲刷作用更明显。

3. 屯溪地区巨盐核浓度与风向、风速的关系,以及受台风边缘天气影响盐核数增多的情况表明,该地巨盐核主要源地是海洋。巨盐核在随偏东风输送过程中,较大粒子很快沉降;随气流输送到屯溪的绝大多数为直径 2 微米左右的盐核。

致谢: 徐冀同志和南京气象学院 1981 年毕业生逢勇、雷恒池和金秋弟等同志参加了观测工作,谨表感谢。

参 考 文 献

- [1] 沈志来等,我国近海和陆地巨型盐核的分布特点和变化规律,气象学报,第 39 卷,第 2 期,1981.
- [2] Ranz W. and J. Wong, Inspection of dust and smoke particles on surface and Body collectors, *Ind. and Eng. Chem.*, **44**, p.1372—1381, 1952.

MEASUREMENTS OF GIANT SALT NUCLEI AT TUNXI

He Zhenzhen Shen Zhilai Yang Yunyu Li Zhibian

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Abstract

In this paper, we have analysed the data of giant salt nuclei observed at Tunxi of Anhui Province from June to July, 1981. The results indicate that: 1) the giant salt nuclei of 2μ diameter may play an important role in the formation of large cloud droplets in summer cumulus clouds; 2) the most part of the giant salt nuclei at Tunxi is probably transferred from the sea. Its concentrations are related to the wind (direction and speed) and synoptic situations.