

新安江流域上空云内外巨盐核的分布*

黄美元 何珍珍 沈志来**

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

1979—1980年6—7月份在新安江流域上空进行了云内外巨盐核的观测,得到:(1)大气中云内外的巨盐核浓度分布都与天气背景有关;(2)云内巨盐核浓度大于同高度上的云外巨盐核浓度,不同云内巨盐核浓度和谱型不一样;(3)云内巨盐核浓度要比小云滴少两个量级,因此巨盐核作为凝结核,对形成小云滴的贡献是很小的。

一、引 言

巨盐核(直径 ≥ 2 微米)对暖云降水过程有着重要的作用,根据国内外的观测,了解到近地面巨盐核的分布与天气背景有着一定的关系^[1-4]。但巨盐核在垂直方向的高空分布特征是否与天气形势有关,目前还很少研究。另外,过去的盐核观测研究,一般都只在无云的大气中进行,对云内巨盐核(或盐溶液滴)情况缺少研究。为了进一步探讨巨盐核在高空中的分布特点以及云内巨盐核的分布情况,我们于1979—1980年的6—7月份在新安江流域上空进行了25架次的飞机观测,从离地面100米处开始观测,最高观测到高空5500米左右。除了在大气中观测外,并在云内、云外进行了比较观测。取到资料340份,其中云内资料81份,云外资料259份。

盐核的观测方法是用涂有硝酸银胶的取样片(直径16毫米、厚1毫米的圆形有机玻璃片)嵌入宽3.2厘米的取样板上,一次可嵌入三片取样片,所以可接连观测三片,从机舱的天文窗伸出取样。取样后根据巨盐核在硝酸银胶中反应出现的李塞根圈,在显微镜下辨认并测量大小,再作放大系数和捕获系数等的订正。显微镜下观测云外和云内所取到的巨盐核在胶中反应呈现出的李塞根圈,无论从形状、颜色来看,都没有什么差别。

过去有人认为云中的小云滴都含有盐核,盐溶液滴就是小云滴,所以没有必要单独研究盐溶液滴的浓度和谱,但实际情况并非如此,以大于一定浓度(如盐溶液浓度为0.01%)的能观测到的盐滴而言,它们只是小云滴中的一小部分,因此用李塞根方法能把这些盐滴从小云滴中区分出来。由于云内一般是过饱和环境,盐滴不会达到平衡状态,但就在云外的不饱和大气中,由于盐滴随气流在垂直方向上运动,也很难说这些盐滴是一直处于平衡

1981年4月22日收到,1981年6月5日收到修改稿。

* 本工作是在华东电管局新安江人工降雨试验组协助下完成的。

** 柴维嘉和金安简同志参加了观测工作。

讲,以台风边缘影响天气时云内外巨盐核数差别最大,云内巨盐核平均浓度为云外的 3.6 倍。气团内部多积云天气时云内外巨盐核数差别最小,云内巨盐核平均浓度仅为云外的 1.9 倍。从各高度上云内外对比来看,云内外巨盐核浓度在离地面 1000 米处差别最大。例如锋面阴雨天气和台风边缘影响天气情况下,在 1000 米高度处,云内要比云外的巨盐核浓度大一个量级左右。气团内部多积云天气时,在该高度上云内巨盐核浓度也为云外的两倍左右。在云的宏观观测中得到积云和层积云的云底高度一般在 1000 米左右,因此看来云底可能为巨盐核的汇集区。

2. 在有天气系统影响时,往往使大气中的巨盐核数增多,而晴朗少云天气中,空中盐核就较少,在低空 (500—2500 米) 尤其显著 (图 2)。从表 1 中我们能看到无论在云内还是在云外,巨盐核平均浓度均以台风边缘影响天气时最多,锋面阴雨天气次之,而气团内部多积云天气和高压控制晴天少云天气时最少 (从 2500 米以下低空巨盐核数的平均情况看,则受天气影响表现得更为明显)。在台风边缘影响天气时,巨盐核浓度在低空普遍增多,这可能由于台风使海浪溅沫形成巨盐核,并随气流平流输送而形成近地层巨盐核数增多,再随气流上升使得低空巨盐核增加很多,高度 2500 米以下的低空中,其浓度一般都为 10^2 个/升,云外平均浓度可达 317 个/升。而锋后受高压控制的晴天少云天气中,一方面西北气流中带来的巨盐核数少,另一方面又因下沉气流强,近地面的盐核又不易向上输送,因此其低空巨盐核浓度要比台风边缘影响天气时少一个量级,一般仅 10^1 个/升,平均浓度仅 57 个/升。

云内巨盐核浓度数也与天气情况关系很密切。台风边缘影响天气的云内巨盐核平均浓度达 976 个/升,1000 米高度即云底附近的巨盐核平均浓度达 3600 个/升,为锋面阴雨天气时的三倍左右。而气团内部多积云天气时云内巨盐核平均浓度量少,仅 126 个/升,即使在云底附近,其平均浓度也只有 248 个/升。看来有天气系统影响时,大气中巨盐核浓度大为增多,这对促使降水的产生会有一定的作用。

3. 大气中云外巨盐核随高度的分布与盐核源地、平流输送、大气中的上升运动以及云层都有很密切的关系,实际上也与天气背景有关。在上升气流较强的天气背景下,由于巨

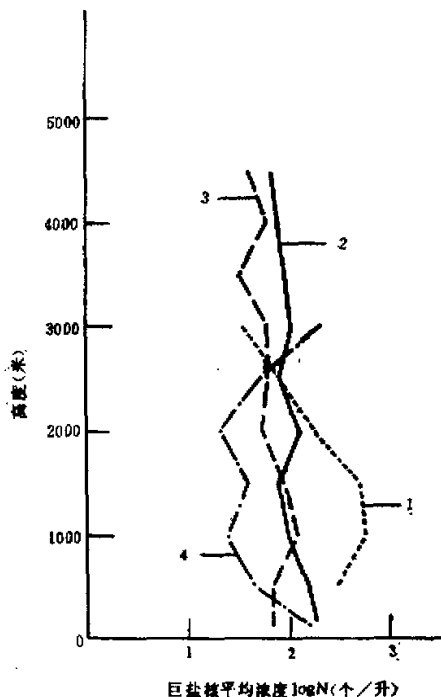


图 2 各种不同天气情况下,云外大气中巨盐核平均浓度随高度分布情况

1—台风边缘影响天气 2—锋面阴雨天气 3—气团内部多积云天气 4—高压控制下晴天少云天气

盐核随上升气流输送,往往在低层 1000 米左右的高度上形成巨盐核浓度极大值。例如气团内部多积云天气时,热对流形成的上升气流较强,就易将近地面的巨盐核向上输送;又如受到台风边缘影响时,近地层风大,将海面盐核源地的大量巨盐核平流输送,并随上升气流向上传送。因此在台风边缘影响天气和气团内部多积云天气情况下,在低空 1000 米处巨盐核浓度达到极大值。而锋面阴雨天气时,上升气流较弱,因而低空极大值不明显。在锋后高压控制少云天气中,下沉气流较强,所以不易将巨盐核往上输送,且气流也并非来自盐核源地,巨盐核浓度从近地面往上减少,在离地 1000 米处出现了极小值。

对于各种天气下大气中巨盐核浓度随高度分布趋势方面,从图 2 中也可看到:气团内部多积云天气时,巨盐核浓度随高度分布比较均匀,锋面阴雨天气时浓度向上递减也很缓慢。这是由于气团内部多积云天气时,对流强、水汽充沛,积云生消频繁,所以使得巨盐核浓度上下比较均匀,随高度变化不大。锋面阴雨天气时,由于低槽及气旋天气系统影响,上升运动使巨盐核浓度向上递减很缓慢。而且除输送作用外,似乎还与云量有一定的关系,这在 3000 米高度以上的空中两者关系更密切些。锋面阴雨天气时,除低层有雨层云或层积云外,往往中层还有高层云,云层蒸发过程会使云滴形成盐核,由于气层稳定,因此大小盐核都容易在云层高度维持和积累^[4],这样也使得巨盐核浓度随高度减少得很缓慢。而台风边缘影响下的天气,云层没有如此深厚,所以从 1500 米以上浓度就往上迅速减少,到 2500 米高度上巨盐核浓度就与其他天气差不多了。而晴朗少云天气时,到高度 2500 米以上,由于有高积云存在,巨盐核浓度又有增加的趋势。因此看来云不仅是巨盐核的消耗者,而且也是巨盐核的“制造者”。从图 2 和表 1 中可看到,在 2500 米高度处,各种天气情况下大气中的巨盐核平均浓度基本上很接近。可能在高空,天气背景对巨盐核浓度的影响不大了。

4. 云内的巨盐核浓度一般在云底附近达到极大值,有时对应高度上云外巨盐核浓度呈减少趋势,这现象以锋面阴雨天气时最为明显。在锋面阴雨天气时,云内巨盐核浓度在高度 1000 米和 4000 米处出现极大值,这两高度往往分别是低云雨层云或层积云和中云高层云的云底附近,看来云底附近似乎是盐核的聚集区。

三、各类云内巨盐核浓度分布情况

各种云内巨盐核浓度及分布情况是不相同的,从观测中得到:

1. 巨盐核最大浓度和平均浓度都以雨层云最多,高层云和淡积云、中积云次之,层积

表 2 各类云内巨盐核的平均浓度和最大浓度

云 类	平均浓度(个/升)	最大浓度(个/升)
Ns	2673	10512
Cu hum, Cu med	408	1573
As	411	1353
Sc	175	377
St	214	872
Fc	183	298

云最少(表 2)。

2. 巨盐核浓度的垂直分布情况: 层积云从云底到云顶巨盐核浓度变化很少, 比较均匀。雨层云和积云(淡积云和中积云)都是在云底巨盐核浓度最大, 往上迅速减少, 云顶巨

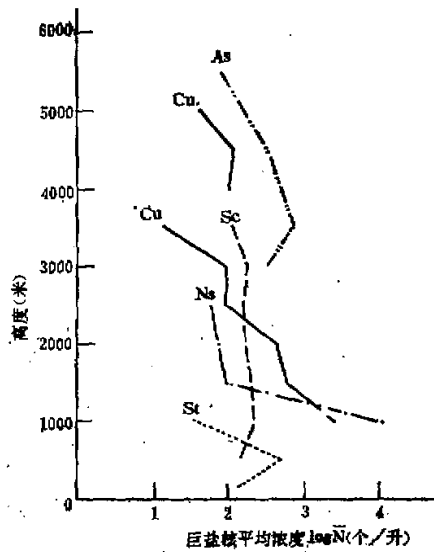


图 3 各类云内巨盐核平均浓度随高度分布

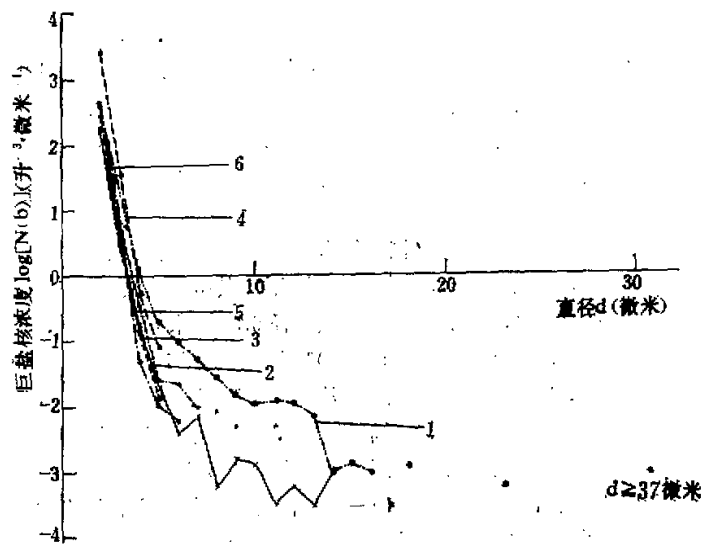


图 4 各类云内巨盐核平均谱分布

1—Cu, 2—Sc, 3—Fc, 4—Ns, 5—As, 6—St.

盐核数很少,这可能与云底下面盐核随气流输送进云内有关。高层云的巨盐核浓度也是在云底附近较大,往上减少(图3)。

3. 相对谱分布方面:从平均情况来看(图4),以雨层云、碎积云的巨盐核平均谱最窄,这说明在雨层云中巨盐核浓度虽多但粒子都很小,碎积云中巨盐核数量既少且粒子也小。积云(淡积云和中积云)的巨盐核平均谱最宽,层积云的平均谱也较宽,高层云的巨盐核平均谱则比雨层云平均谱稍宽些。总的来讲,层状云的巨盐核平均谱比较窄,积状云的平均谱较宽,这与云内云滴谱分布情况有些类似。

四、讨 论

从以上的分析中,我们初步得到以下一些看法:

1. 大气中巨盐核浓度及其随高度的分布情况与天气背景有一定的关系,观测中得到2500米以下的低空中,巨盐核浓度受天气影响表现得更为明显,其与近地面巨盐核浓度分布和天气背景的关系比较一致,即受台风影响时,巨盐核浓度最多;晴天少云天气下巨盐核很少。因而我们认为,大气中巨盐核的浓度基本上依赖于气团的属性或源地。对新安江流域上空的盐核来说,海洋是一个重要的来源。但从巨盐核浓度随高度减少得并不很快,在云底高度上巨盐核较多的事实表明,巨盐核在垂直方向上的分布主要决定于:大气中的垂直运动对巨盐核的输送,以及在垂直气流输送过程和云的生消过程中巨盐核的形成与发展。从这个意义上说,大气过程本身也是巨盐核的制造者和消耗者。

2. 云内巨盐核浓度大于同高度上云外的巨盐核浓度,在云底附近两者巨盐核浓度差别更大。产生这些现象的原因有两方面:一方面可能由于云内相对湿度大,从云外输送进云的一部分直径小于2微米的盐核通过凝结增长形成巨盐核。另一方面从云内外巨盐核浓度随高度分布情况进行比较(图1),可看到:在云内云底附近(离地面1000米、4000米左右)的巨盐核浓度要比同高度上云外巨盐核浓度大一个量级左右。而在云的其他部位,虽然云内巨盐核数比同高度上云外的巨盐核数大,但两者差值都不如云底时大。看来好像云底附近是巨盐核的聚集区,这可能与云底附近上升辐合气流有利于把巨盐核送入云有关。

3. 在云内观测中有90%以上的盐滴直径小于20微米,这样大小的盐滴主要靠凝结增长,盐核通过凝结增长成为溶液滴,在相当长时间内,其盐溶液浓度仍大于硝酸银胶片反应李塞根图的最低浓度—0.01%。例如干盐核半径0.75微米(质量 $m = 10^{-13}$ 克),在云内过饱和(过饱和度0.05%)空气中增长,7400秒钟后长到20微米,这时半径20微米盐滴的盐溶液浓度为0.01%,用李塞根图的方法仍能观测到。另外,从云内观测到的巨盐核,无论从大小或谱型上来看都与小云滴相类似,实际上我们在云中所测到的巨盐核也就是云中由巨盐核组成的小云滴。观测得到云内巨盐核浓度一般在 10^5 — 10^6 个/米³(10^2 — 10^3 个/升),而小云滴浓度一般为 10^7 — 10^8 个/米³(10^4 — 10^5 个/厘米³),两者比较,云内巨盐核浓度要比小云滴浓度少两个量级左右,这似乎可以看出云内小云滴的凝结核中,巨盐核所占的比例很小,仅百分之几。因此,巨盐核作为凝结核对形成小云滴的贡献是很小的。

徐华英和陈炎涓同志对本文提出不少宝贵意见,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] 顾慎刚,论巨型盐核的形成和发展,云雾降水物理学的一些理论问题,科学出版社,1963年。
- [2] Squires, P. et al., Some observations of sea-salt nuclei in Hawaii during project shower. *Tellus*, Vol. 9, 1957.
- [3] Durbin, W.G. and White, G. D., Measurement of the vertical distribution of atmospheric chloride particles, *Tellus*, Vol. 13, 1961.
- [4] 沈志来等,我国近海和内陆巨型盐核的分布特点和变化规律,气象学报,1981年5月。

DISTRIBUTIONS OF GIANT SALT NUCLEI INSIDE AND OUTSIDE CLOUD OVER THE BASIN OF XIN AN JIANG

Huang Mei-yun He Zhen-zhen Shen Zhi-lai

(Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica)

Abstract

During June to July in 1979—1980, giant salt nuclei were observed over the basin of Xin An Jiang. It is found that: 1) The concentrations of giant salt nuclei are related to weather situation. 2) At the same height, the concentration of giant salt nuclei inside cloud is larger than that outside cloud. 3) In cloud the concentration of giant salt particles is lower than that of cloud droplets by two orders of magnitude, so the giant salt nuclei could not be the major constituent of condensation nuclei in the formation of cloud droplets.