

# 我国近海和陆地巨型盐核的 分布特点和变化规律\*

沈志来 何珍珠 沈洪等\*\*

(中国科学院大气物理研究所)

## 提 要

本文介绍了 1978 年 9、10 月分别在我国海洋岛、大连和北京的盐核观测结果以及盐核浓度的日变化和日际变化规律等。得出盐核的浓度与湿度、风向风速、低层湿度场以及天气系统等有一定的关系。

## 一、引 言

大气中自然云雾的形成与吸湿性盐核有着密切的关系，而直径在 2 微米以上的巨型盐核的存在，对自然降水的形成有着重要的作用。因此，盐核的观测对于了解暖云降水过程和有效地进行人工降水会有很大启发，国内外许多云雾物理工作者都很重视，并做了大量的观测和研究工作。我国的云物理工作者对于我国地面和高空的巨盐核观测，过去已获得许多资料，并对巨盐核的形成和发展提出过一些有价值的看法<sup>[1-2]</sup>。为了进一步了解我国近海海面 and 大陆地面盐核的分布特点和变化规律，我们从 1978 年 9 月至 10 月分别在海洋岛、大连和北京进行了盐核的观测。本文介绍这些观测结果和一些初步分析。

## 二、一 般 情 况

我们这次进行的海上、海岸和陆地的观测，分别选在海洋岛、大连和北京。北京的观测点设在北郊中国科学院大气物理研究所五层楼顶（北纬  $39^{\circ}48'$ ，东经  $116^{\circ}28'$ ，海拔约 50 米）；海岸观测点设在旅大市中心山顶上的大连气象台三层楼顶（北纬  $38^{\circ}54'$ ，东经  $121^{\circ}38'$ ，海拔 108 米）；海上观测点设在海洋岛（北纬  $39^{\circ}04'$ ，东经  $123^{\circ}10'$ ），它在大连气象台以东约 60 哩。岛的形状呈马蹄形，观测点在马蹄形的内侧。三个观测点基本上在同一纬度上。

海洋岛的观测是从 9 月 5 日至 22 日，共 96 次，其中，海上观测是在海洋岛附近海面或者海洋岛与大连之间的往返途中进行的（62 次）；岛上的观测是在靠岸的船上进行的（34 次）。大连的观测日期自 9 月 6 日至 20 日，共 158 次；北京的观测从 10 月 6 日至 23 日，共 179 次。由于条件限制，只在白天进行观测，即从每天 08 时到 17 时（大连到 18 时）每隔一小时整点观测一次（海洋岛靠岸观测一般为每天 08，11，14 和 17 时）。

\* 本文于 1980 年 1 月 25 日收到，1980 年 4 月 16 日收到修改稿。

\*\* 杨蕊玉和柴维嘉同志参加了观测和资料整理工作，金安筒同志参加了部分计算工作。

取样仪器为三用滴谱仪。盐核的测量方法是将氯离子捕获在涂有硝酸银胶的取样片上,感光后呈现出里塞根圈<sup>[3]</sup>,用显微镜测出大小并计算个数。取样时还进行了天气现象、云况、风向风速、温度和湿度等观测。

资料处理中采用 Ranz 和 Wong<sup>[4]</sup>的气溶胶射流的圆形理论撞击效率值来进行捕获系数订正。

虽然北京与大连、海洋岛不是同一时期观测的,但从大的天气形势和气候特点来讲,9、10月份均属秋季形势,是比较相似的,而且从盐核浓度的月平均值(图1)来看<sup>[2]</sup>,8月份后其月平均浓度为逐渐上升趋势。所以以大连、海洋岛的9月份盐核观测资料来与北京10月份的盐核观测资料相比较还是可以的。

### 三、观测结果和讨论

#### 1. 盐核浓度和谱分布

从表1中可看出盐核浓度分布沿海要比陆地上的浓度大得多,平均浓度以海洋岛最多,为847个/升,大连次之,但两地相差不多,北京最少,仅119个/升,海洋岛和大连的平均浓度约为北京的6—7倍。各站不同大小浓度出现的相对频率也不相同,从图2中可以看出,盐核浓度出现的相对频率随浓度的增加而减少,海洋岛和大连的变化趋势比较相近。但是北京的情况就大不相同了,它多次出现零值,盐核浓度出现的相对频率随着浓度的增加而急剧地下降,北京观测数的80%左右其盐核浓度低于200个/升。浓度在1000个/升以上者,海洋岛、大连的频数分别为23%和26%,而北京只有2%。可见,相对于近海海面来说,陆地的盐核浓度要比近

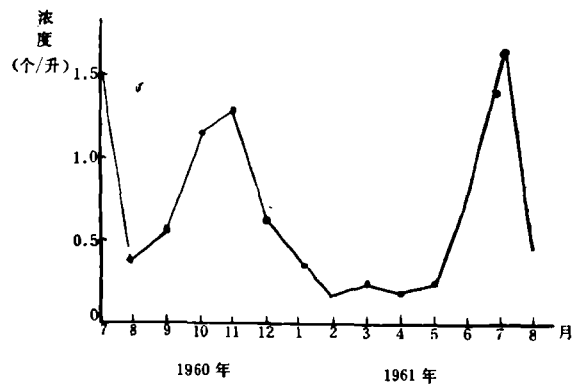


图1 南岳盐核浓度(个/升)年变化

表1 不同地区大气中的盐核浓度(个/升)

地 点	观测次数	平均浓度 个/升	日平均最大值 个/升	日平均最小值 个/升	绝对极大值 个/升	绝对极小值 个/升
海 洋 岛	96	847	3106	28	11609	0
大 连	158	762	2438	40	5516	0.2
北 京	179	119	519	0.3	1522	0

海海面少得多,这可能是由于海洋为盐核的主要源地之一的缘故。

图3为盐核的平均谱,谱型为指数递减谱,其中海洋岛的平均谱,不仅浓度大,而且谱型最宽,最大直径达190微米。处于离海较远的北京,谱型较窄,最大直径为17微米。而沿海的大连则介于两者之间,小粒子的盐核浓度与海洋岛相近,大粒子盐核浓

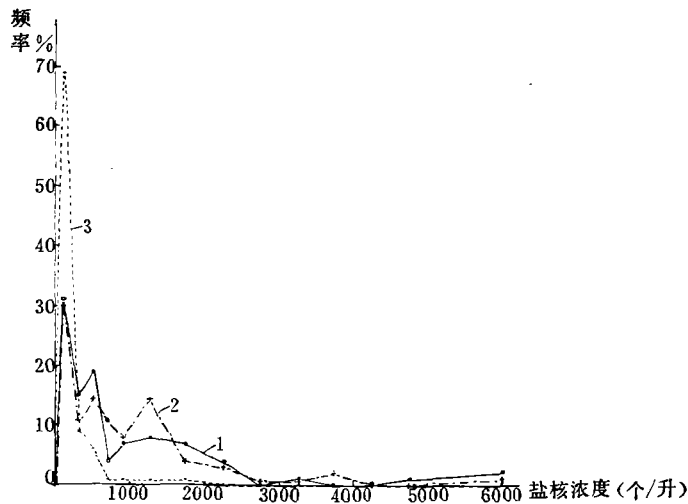


图 2 盐核浓度频率分布曲线  
 (图中: 1—海洋岛 2—大连 3—北京)

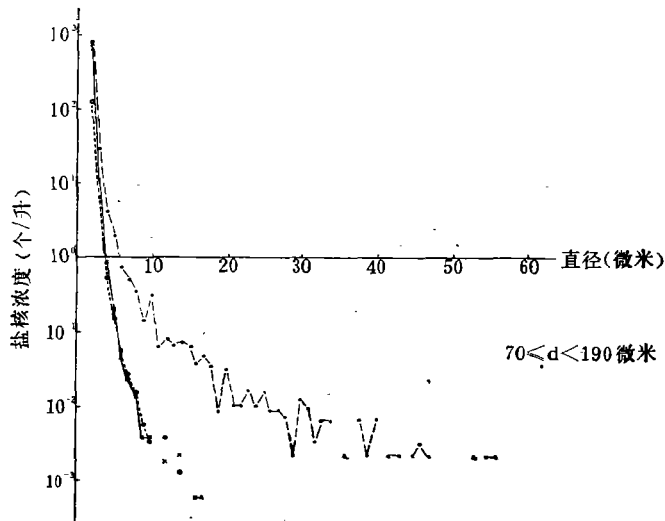


图 3 盐核平均谱  
 (·---·海洋岛, ×---×大连, ○---○北京)

度接近于北京,最大直径为 14 微米。从盐核谱型上来讲,可能由于海水飞沫是海面盐核的主要来源,因而使得海面的盐核浓度大,并有不少很大的巨盐核,形成谱型宽。但由于一些较大的巨盐核难以在空中停留很久,而较小的盐核能在空中飘得较远,因而在接近海面盐核源地的沿海海岸大连,其谱分布表现的特点是:小粒子方面浓度大,类似于海洋岛,但谱型不宽,没有太大的粒子,其谱型与离海岸较远的北京很相似,但北京的盐核浓度要比大连少得多。所以大连的盐核浓度具有海面盐核源地的特点,其谱型方面又具有大陆盐核谱型的特点。

## 2. 盐核浓度的日变化规律

图 4 a-b 为三个测站不同大小盐核各观测小时平均浓度的日变化。从图中可看出, 北京站从 08 时至 17 时基本上是逐渐下降而少起伏, 大连和海洋岛却多波动, 并在 13 时都再次出现峰值。众所周知, 大气的层结稳定度、对流与湍流混合和输送的强度以及日照强度等对盐核浓度的日变化有重要的影响。譬如早晨往往出现逆温, 大气层结较稳

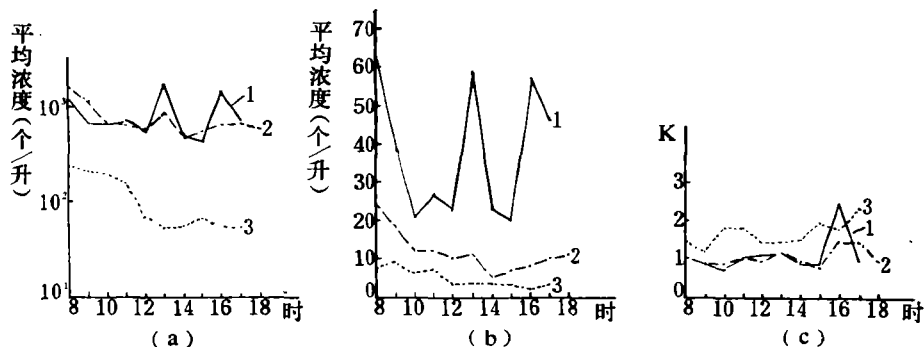


图 4 盐核浓度的日变化, (a) 直径=2微米, (b) 直径 $\geq 3$ 微米, (c) 各观测时间盐核浓度的离散情况  
(图中 1—海洋岛, 2—大连, 3—北京)

定, 湍流扩散作用和垂直气流较弱, 盐核粒子向上输送和交换少, 这时地面附近盐核粒子浓度较大。一般在 10 点钟后, 日照加强, 上述天气条件逐渐转变为有利于盐核粒子向空中输送和交换作用的加强, 地面粒子浓度逐渐减少。

这里关于大连和海洋岛 13 时出现的峰值我们要说明两点, 先考察一下各观测时间盐核浓度的离散情况, 我们计算了观测值的变异系数  $K = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}$ , 其中  $\sigma_x$  为浓度的均方根,  $\bar{x}$  为各观测小时的平均浓度 (图 4 c)。可以看出就整个曲线而言, 北京的离散程度比海洋岛和大连要大, 而大连和海洋岛除 16 时离散程度显著偏大外, 其他观测时间的离散程度均不大。因此, 从大连和海洋岛的 13 时离散值来讲, 对大连和海洋岛盐核日变化中 13 时出现的峰值是可能存在的。其次, 在北京的观测中 13 时前后没有峰值出现。因此, 可以说大连和海洋岛 13 时的峰值可能不是炊烟之类的人工源所造成的。我们认为 13 时峰值的出现并非偶然, 是一个值得继续探讨的问题。

关于海盐核自海面向内陆输送的穿透能力, 许多工作者做过观测和研究<sup>[5-6]</sup>。海面上产生的盐核在垂直气流和水平气流以及湍流作用下向空中及内陆输送, 同时因重力沉降作用和因遇到障碍物时的附着作用, 这些盐核很难全部输送到内陆。有人曾做过海盐核浓度自海面向陆上穿透能力的观测, 结论是海面到陆上一公里远处盐核浓度要降低到 1/10, 而巨型核浓度的穿透能力就更差了。当然, 各地因地形条件不同而具体情况也不一样。因此, 如果考虑盐核的主要源地为海洋时, 由于较大盐核的穿透能力差, 所以在图 4 b 中表现出直径( $d$ ) $\geq 3$ 微米的盐核浓度分布自海面向内陆逐渐减少, 而对较小的盐核 (图 4 a), 沿海的大连就与海洋岛的浓度相接近, 它们的浓度都要比地处离海远的北京的浓度大一个量级以上。

### 3. 盐核浓度与气象要素的关系

#### (1) 盐核浓度与风的关系

风对盐核浓度的影响有两个方面。对平均风向来讲,它主要是反映了盐核源的来向。风速也影响盐核的浓度,并且这种影响带有双重性:风速的增大可使一些从下垫面来的进入大气中的盐核增多;另一方面由于风速的增大、乱流交换的增强,使盐核输送到大气较高层中去。显然这两方面对于近地面盐核的浓度会有相反作用的。因此,对于一个特定的观测点,这就要看其中那一个占优势,进而决定风速的增大是导致盐核浓度的增加或减少。

表 2 为盐核浓度与风向风速的关系。从表中可以看出盐核浓度与地面风向风速相关性较好。北京的资料说明,盐核浓度无论什么风向均随地面风速的增加而减少,偏北风时随风速增加盐核浓度减少得极为迅速,偏南风时随风速增加,其浓度就减少得较为缓

表 2 盐核浓度与风向风速的关系

站 名	风 速 (米/秒)	偏 北 风 <sup>1)</sup>	偏 南 风 <sup>2)</sup>
		平均盐核浓度 (个/升)	平均盐核浓度 (个/升)
北 京	≤ 1	296	84
	> 1—≤ 3	5	80
	> 3	0.3	31
大 连	< 5	644	667
	≥ 5	238	1609
海 洋、 岛	< 5	560	570
	≥ 5	879	1706

1) 偏北风包括西、西北、北及东北风。

2) 偏南风包括西南、南、东南及东风。

慢。如上所述,风速的增加伴随着湍流的加强,导致盐核向高空传输而使地面的核浓度相对地减少。这表明对北京来讲,风速对盐核浓度的影响中,乱流交换作用占优势。与此相反,在海洋岛和海面上,盐核浓度随风速增大而明显地增大,且偏南风比偏北风增加得多。这可解释为该地的盐核主要是由海浪破裂产生的海水飞沫在空中蒸发后形成的。风速小时,偏南偏北风的盐核浓度基本上差不多。风速大时,海浪增强,使得海水产生的飞沫增多。由于南边为广阔的海面,北边靠近陆地海面不开阔,因此偏南风增大而产生的盐核数大大地多于偏北风增大的盐核数,这时风速对盐核浓度的影响中,产生盐核的作用占优势。而大连的盐核浓度则介于两者之间,风速小时偏南偏北风的盐核浓度相近。由于其北面为陆地,盐核来源少,所以偏北风时盐核浓度随风速增大而减少,具有陆地上的特点。其南边为海洋,所以偏南风时,随风速的增大,带来许多海盐核使浓度增大,又具有海洋的特点,这表明海岸观测点的盐核浓度与风向风速的关系很密切,兼有海洋和陆地的双重特点。

#### (2) 盐核浓度与相对湿度的关系

因为盐核是吸湿性核,在各种湿度下湿盐核的大小是不同的。因此为了比较起见要进行湿度订正,即我们将各种湿度时盐滴的大小都订正到干盐核时的大小,订正后以直径

$d \geq 1$  微米干盐核的浓度进行比较。发现三个地方的盐核浓度都与相对湿度有一定的关系, 即当相对湿度  $f \leq 50\%$  时, 浓度数较小; 当  $f > 50\%$  时, 浓度数随相对湿度增大而增多(表 3)。但三个站的盐核浓度与相对湿度的相关程度不一样, 北京增多得最明显, 大连次之, 海洋岛浓度递增较慢, 三地的  $f > 50\%$  与  $f \leq 50\%$  时盐核平均浓度的比值分别为 13, 8 和 4。相对湿度的增大往往与天气情况有关, 北京地处大陆, 离海面主要盐核源地较远, 盐核浓度的变化受天气影响大, 因此, 表现在与相对湿度的关系也极为密

表 3 盐核浓度与相对湿度的关系

站 名	$f \leq 50\%$ 时 平均浓度 (个/升)	$f > 50\%$ 时	比值 $\left(\frac{f > 50\%}{f \leq 50\%}\right)$	$f > 50\%$ 时	比值 $\left(\frac{f > 50\%}{f \leq 50\%}\right)$
		平均浓度(个/升) (未经湿度订正)		平均浓度(个/升) (经湿度订正后)	
北 京	15	200	13	192	13
大 连	117	997	8	890	8
海 洋 岛	278	996	4	995	4

切。而海洋岛处于盐核源地, 所以盐核浓度变化所受天气的影响就不如北京大。因而其与相对湿度的相关性就远不如北京, 而大连则介于两者之间。但由于自然界中盐核滴在上升下沉运动过程中, 其大小不断地在改变, 并不往往总是达到平衡状态的。另外从表 3 中也可看出进行湿度订正后与未作湿度订正的浓度相差也不太多, 因此在讨论分析其他因子时, 我们就不再进行湿度订正了。

#### 4. 盐核浓度的日际变化及其与天气系统的关系

图 5 表示各站盐核日平均浓度逐日变化的情况。从图中可以明显地看出, 盐核浓度有比较大的日际变化现象。浓度变化值在海洋岛和大连相差 1—2 个量级, 而北京相差达 2—3 个量级。

前面我们讨论了盐核浓度与一些气象因子的关系。从这些分析表明实际上低层天气背景强烈地影响着地面盐核浓度的变化。

##### (1) 盐核日平均浓度与低层湿度场的关系

前面讨论过的盐核浓度与地面相对湿度的正相关关系, 也反映在盐核日平均浓度 ( $\bar{N}$ ) 与日平均相对湿度 ( $\bar{f}$ ) 的正相关对应关系上。这种对应关系在盐核日平均浓度 ( $\bar{N}$ ) 与每日 07 时当地 850 mb 层温度露点差值 ( $T - T_d$ ) 的关系中进一步得到证实, 如图 5 所示。可见地面盐核浓度值与 850 mb 层上温度露点差有比较好的反相关关系, 甚至就象北京的自 10 月 15 日至 23 日一段时间盐核浓度变化频繁时, 此种反相关依然对应得很好。

##### (2) 盐核浓度与天气系统的关系

我们将北京和大连盐核浓度日际变化中出现峰值和谷值时当日的天气形势列入表 4 中(海洋岛因观测日期不连续未列入)。我们得出在绝大多数情况下, 当测站处于槽前或切变线前部或高压后部时, 由于潮湿的西南气流将海盐核输送, 测站这一天盐核的日平均浓度值增大, 往往出现浓度的峰值。相反地当处于槽后, 高压前部, 脊前天气时, 西北气流不经过盐核主要源地, 而且往往地面锋面过境后的偏北大风, 使得浓度大为减少,

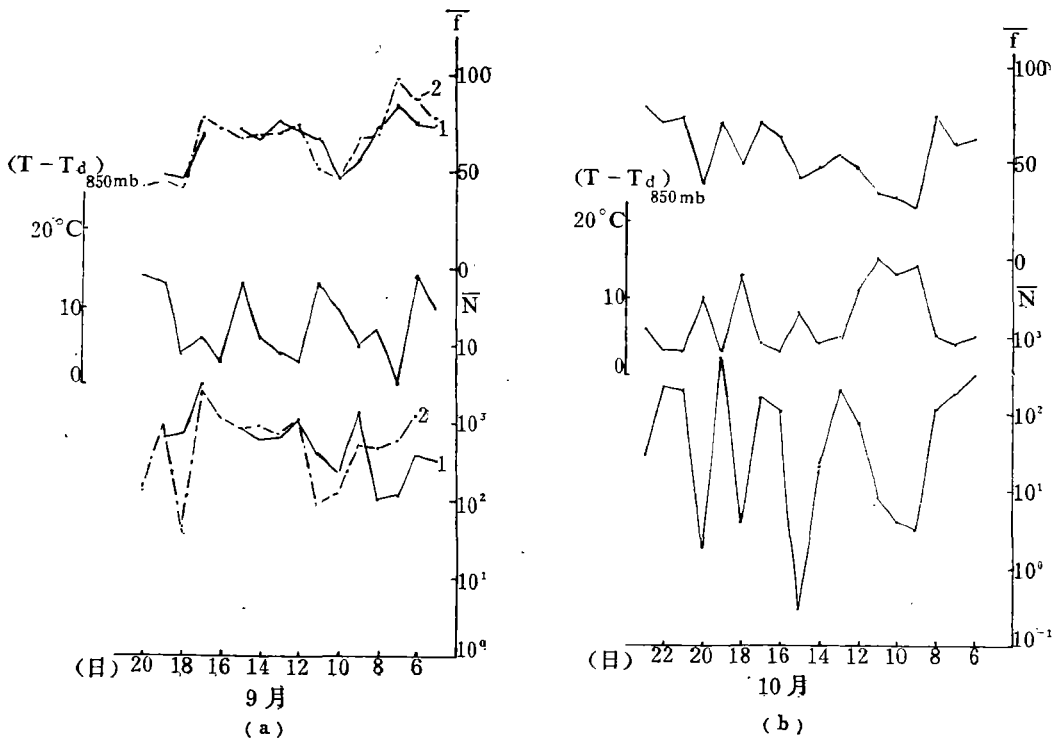


图 5 盐核浓度日际变化  
 (图中(a) 海南岛(1); 大连(2); (b) 北京;  $\bar{N}$ : 平均浓度(个/升),  $\bar{f}$ : 平均相对湿度(%),  $(T - T_d)_{850mb}$ : 当日 07 时 850 mb 层温度露点差)

表 4 盐核浓度与天气形势的关系

站名	日期	盐核浓度 峰谷值	盐核浓度 (个/升)	天气图摘要		
				地面	850 mb	700 mb
大连	9.11	谷	90	高压	高压区内	高压区内
	9.12	峰	1139	高压后部	脊后	槽前
	9.17	峰	2438	冷锋前	脊后槽前	脊后槽前
	9.18	谷	40	冷锋后	槽后	槽后
	9.19	峰	918	低压	槽前	槽前
北京	10.9	谷	3	冷锋后高压前部	槽后	槽后
	10.13	峰	196	冷锋前	高压后部	槽前
	10.15	谷	0.3	高压	高压前部	脊前
	10.17	峰	156	锋区	槽前	槽前
	10.18	谷	4	冷锋后高压前部	高压	脊前
	10.19	峰	520	高压边缘	小低压	低压区
	10.20	谷	2	高压	高压前部	脊前
10.21	峰	197	高压后部	脊后槽前	高压后部	

落到谷值。例如 9 月 12 日到 16 日大连和海洋岛两站的盐核日平均浓度都维持在高值区, 12 日两站处于高空槽前(图 6 a), 13 日至 16 日受到台风的影响(图 6 b), 盐核浓度维持高值, 到了 17 日高空处于低压槽前, 有强盛的西南气流(图 6 c), 对应 08 时地面

图上渤海湾附近有一小低压,当天受此低压影响,两站观测到的盐核浓度特别大,达到极大值。17日夜间两站都下了雨,18日高空大槽移过,两站都处于槽后强大的西北气流控制下(图6d),盐核浓度大大地减少,落到极小值。

雨水冲刷作用确实是盐核浓度减少的一个重要原因,在我们的观测中已多次得到证实。但是盐核浓度的减少甚至出现低谷值却不一定都在雨后。图7为北京10月18—21日08时850mb天气图。18日和20日处在高压前部西北气流中,盐核浓度均为低谷值,然而本地区并无降雨,可见浓度低谷值并非全在雨后;图7还表明,对于盐核浓度的变化与天气形势有很好的对应关系。因此,似乎可以认为:低层天气系统强烈地影响着北京和大连地区盐核浓度的变化规律。

从三站的盐核平均浓度值(表1)和日际变化曲线(图5a-b)可看出,北京的盐核浓度具有小值大变化,而海洋岛和大连的盐核浓度具有大值小变化的特点。这似乎反映了陆地上的盐核局地源很少,其浓度变化主要取决于天气系统的变化。而近海海面 and 海岸除受天气系统的影响外,还有它们本身比较大的局地源,它们共同决定了那里盐核浓度的变化。因此,大陆盐核浓度的变化与天气系统的依赖关系更强些。由于天气过程实际上是不同气团的过境活动,因而从以上盐核浓度与低层天气系统关系的讨论中看出,测站盐核浓度的变化除受本地源影响外,还与气团输送有关。暖湿气团从海洋带来许多盐核,就导致盐核浓度增多。从北方来的冷空气来自并非主要盐核源地,自然会使盐核浓度减少。当然,在气流输送过程中,它们又在不断发生、不断变化的。因此,很可能北京与大连和海洋岛一样,盐核也主要来源于海洋。当然要作出确切的结论,还得进一步作大量的观测实验。

#### 四、结 论

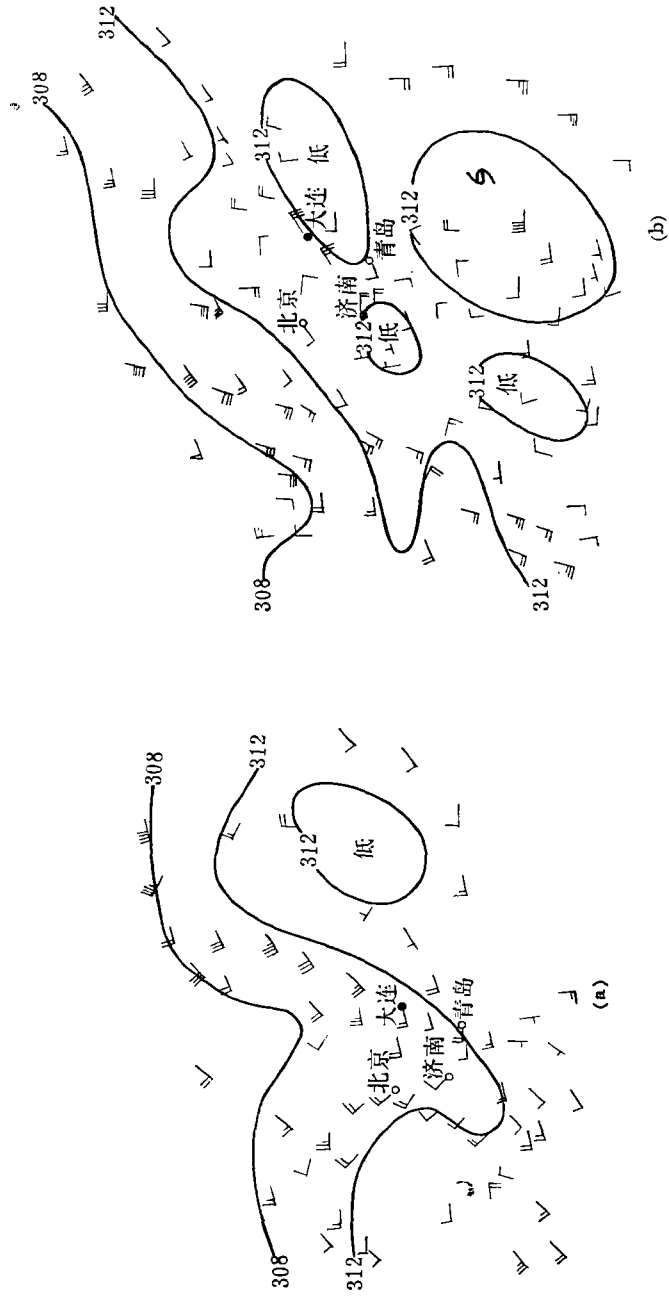
从海洋岛、大连和北京盐核的观测分析中得到,近海海面和陆地盐核浓度的分布和变化规律是各不相同的,它们与气象要素的关系有共同点,也有很大的差异。

1. 近海海面上的盐核浓度要比陆地上大得多,海洋岛和大连为 $10^0-10^3$ 个/升;北京为 $0-10^2$ 个/升,相差一个量级,各种浓度出现的相对频率随浓度的增加而减小。盐核的平均谱方面:近海海面的谱分布不仅浓度大,谱型也宽;大陆的谱型比较窄;而海岸的谱分布在浓度方面具有海洋的特点,但其谱型窄又具有大陆的特点。所以从这些情况可以认为:海洋是盐核的主要源地。盐核浓度的日变化以早晨浓度大,北京的浓度自08时到17时逐渐下降,而大连和海洋岛则在13时再次出现峰值。

2. 盐核浓度与风和湿度等气象要素有着密切的关系。海洋岛的盐核浓度随风速增加而增大,且偏南风时比偏北风浓度增加得多;离海较远的北京则浓度随风速增加而减少,偏北风比偏南风时减少得更为迅速;而大连则兼而有之,在偏南风时具有海面的特点,随风速增大而浓度增大,偏北风时出现大陆上的特点,随风速增大而减少。盐核浓度与相对湿度之间呈正相关,与低层湿度场也有较好的相关性。而且陆地上的盐核浓度与相对湿度的相关性要强些。

3. 盐核日平均浓度的日际变化与低层天气系统有较好的对应关系。当测站处于槽前或者高压后部时浓度大,往往出现峰值。处于槽后或高压前部时,往往出现谷值。由





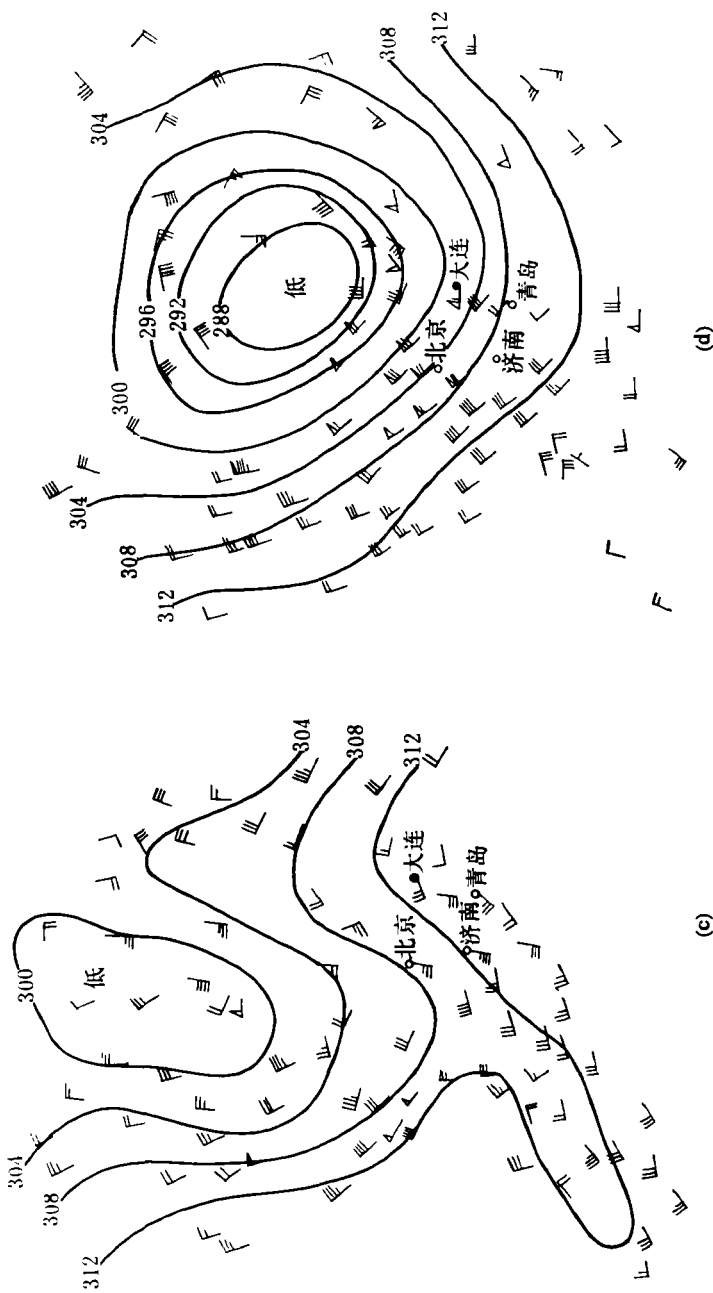


图 6 1978年9月12日(a), 14日(b), 17日(c)和18日(d) 08时700 mb天气图

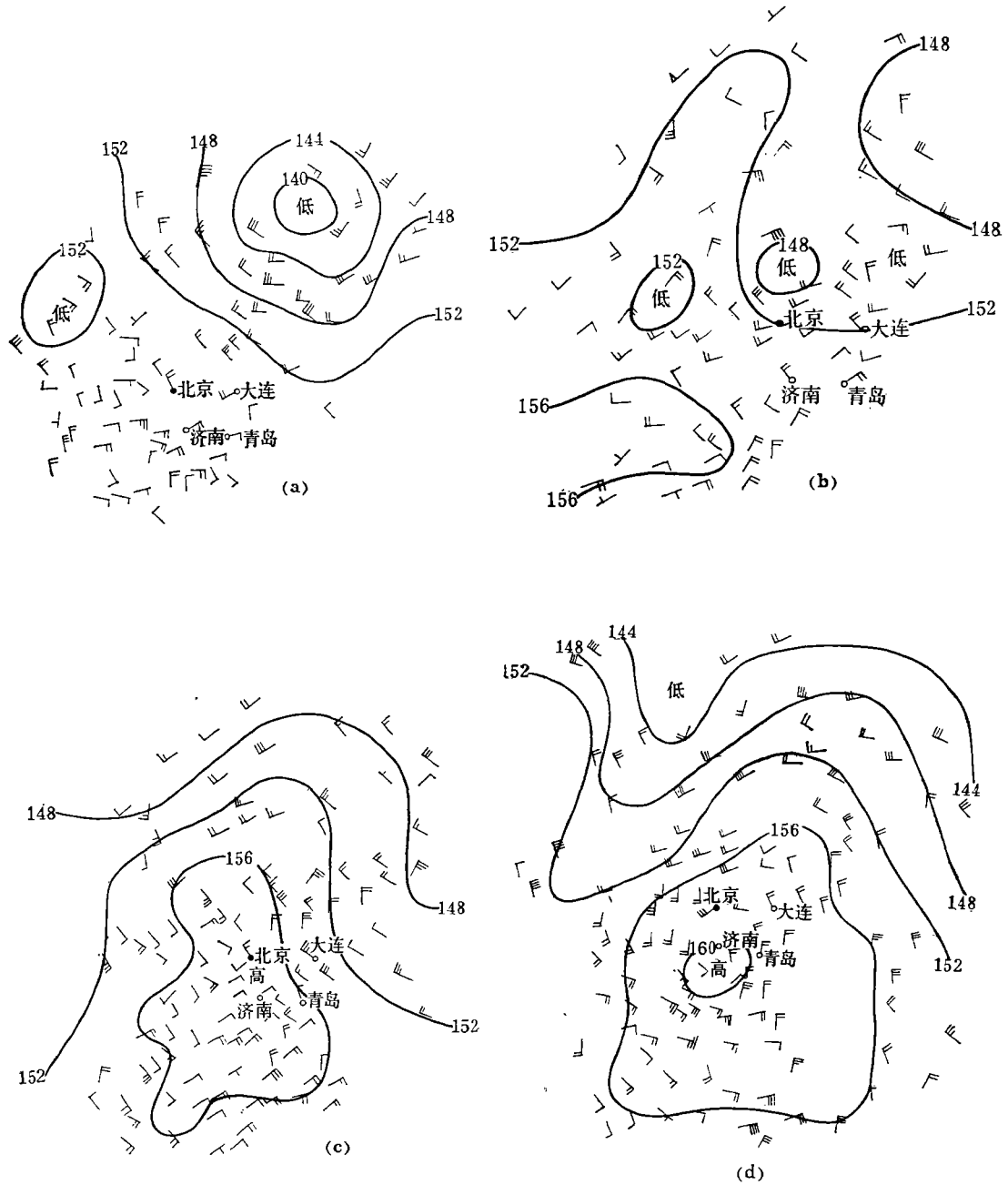


图 7 1978 年 10 月 18 日(a), 10 月 19 日(b), 10 月 20 日(c), 10 月 21 日(d) 08 时 850 mb 天气图

于北京盐核浓度的日际变化具有小值大变化、而海洋岛和大连则有大值小变化的特点,说明北京盐核浓度变化与天气系统的依赖关系更强些。

在观测工作中,曾得到旅大市气象台的大力协助并给我们提供了良好的工作条件,仅此致谢。

### 参 考 文 献

- [1] 顾震潮,南岳云雾降水物理观测(1960年3—8月)结果的初步分析,我国云雾降水微物理特征问题,科学出版社,2—21,1962。
- [2] 陈炎涓,我国几个地方巨型盐核分布的一些特点,我国云雾降水微物理特征问题,科学出版社,22—29,1962。
- [3] Podzimek J., Measurement of the concentration of large and giant chloride condensation nuclei during flight, *Studia Geogh. et Geod.*, 3, 256—280, 1959.
- [4] Ranz W. and J. Wong, Inspection of dust and smoke particles on surface and body collectors, *Ind. and Eng. Chem.*, 44, 1372—1381, 1952.
- [5] Kouichi Hama and Noboru Takagi., Measurement of sea-salt particles on the coast under moderate winds, *Papers in Met. and Geophy.*, 21, No. 4, 449—458, 1970.
- [6] Rossknecht G. F., W. P. Ellitt and F. L. Ramsey, The size distribution and inland penetration of sea-salt particles, *J. Appl. Met.*, 12, 825—830, 1973.

## THE DISTRIBUTION AND VARIATION OF THE MARITIME AND CONTINENTAL GIANT SALT NUCLEI IN CHINA

Shen Zhi-lai He Zhen-zhen Shen Hong

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

### Abstract

In this paper, we have analysed the distribution, the daily variation and the variation from day to day of the concentrations of salt nuclei, which were observed in Haiyang Island, Dalian and Beijing from September to October, 1978. The results show that the concentrations of salt particles are related to the atmospheric humidity, wind (wind direction and wind speed) and synoptic situation.