

白城地区春季的大气冰核*

汪学林 张万钧 熊尙清
(吉林省气象科学研究所)

提 要

1964年4月30日到5月25日,在吉林省的白城地区进行大气冰核观测。结果发现,这里的冰核浓度随温度递减增加很快,某些时候,大气中也存在有 -10°C 很活跃的冰核。

来自我国西北干燥区域的河套倒槽和内蒙气旋所含冰核浓度最大,来自苏联半干燥区域的贝加尔湖气旋所含冰核浓度次之,北方冷高压中所含冰核浓度最小。同时,冰核浓度还随能见度的好坏相应增减。这说明,冰核浓度与气团源地、天气系统是密切相关的。风沙中的土壤粒子可能就是大气中起主要作用的冰核。

一、引 言

冰相在冷云的自然降雨和人工催化中起重要的作用,而云中的冰晶最早又必须在冰核上形成。因此,测量大气冰核的分布状况及其变化规律具有重要意义。

近几年来,国内外很多气象工作者,在世界各地研究了冰核的分布和变化规律,得到的结论很不一致。

日本学者,在1959年于东京,测得冰核浓度和气团密切相关。来自亚洲大陆和太平洋的气团,所含的核浓度各不相同。中国北部和蒙古人民共和国有冷锋过境发生沙暴时,日本东京延后几日就能观测到高浓度^[1]。这一结论,对我们预报自然降雨和人工催化都有一定意义,但由于观测时间短,又仅在东京一地得到,故这个结果在我国能否应用,是个问题。近几年我们在白城地区进行了多次人工催化降雨试验,并且在1964年春季进行了大气冰核的观测研究工作。

二、观测情况

从1964年4月30日到5月25日,在白城地区气象台三楼平台上(相对高度10.3米),每日07时30分和14时进行两次定时观测。其中5月14日下午到17日下午,由于缺少干冰,资料中断了三天半。分析中使用了该台天气形势、气象要素的记录资料。在观测中使用的仪器及观测程序如下:

1. 仪器构造

测量中使用了仿 Bigg 型冰核计数器^[2]。仪器由冷室、过渡层、冷却层、绝热层、糖盘和冷却糖液的水箱六部分组成。冷室的体积为2升,能观测到的最小冰核浓度是0.5

* 本文于1965年3月1日收到。

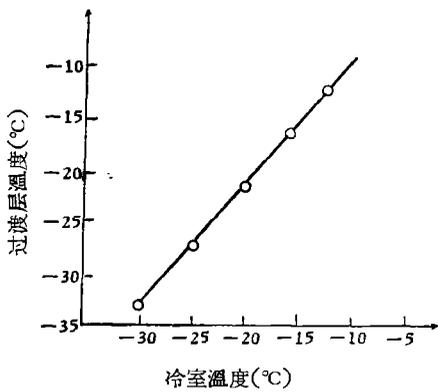


图1 冷室和过渡层温度差订正

个/升。冷却层中使用了干冰和酒精水溶液混合物，通过过渡层中的纯酒精而冷却冷室。温度的测量采用热电偶温度表。经过检定，冷却两分钟后云室中温度可基本稳定。这时冷室和过渡层中有一个温度梯度差如图1所示。

计数的糖液配备了1:1.2和1:0.9(水:糖)两种，核多时，用高浓度；核少时，用低浓度，以免冰晶在其中增长太快，模糊一片，或增长太慢，看不到而造成误差。糖液的温度一般控制在 -10°C — -14°C 之间。其整个仪器的装备和冰晶在糖液中增长的典型形状如图2和图3所示。

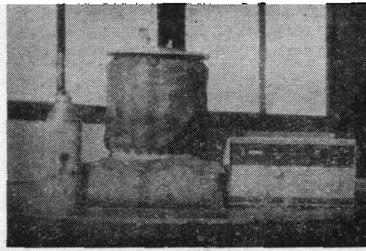


图 2

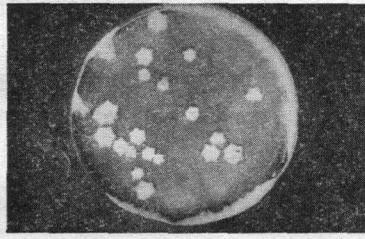


图 3

2. 观测程序

每次观测，先将冷室内壁涂以甘油，并将糖液冷却到要求的温度。其后分别在 -12° ， -16° ， -20° ， -25° ， -30°C 五种温度下，将空气引入冷室后两分钟时，再通入水汽。可见雾在冷室中一般可维持1分—1分30秒。通水汽后7分钟，为了使慢核也能长成冰晶，又进行了第二次通水汽，直至10分钟时，通过云室顶部玻璃盖观测糖盘中冰晶数目，算出冰核浓度。

测量中可能出现的误差，大体与 Bigg 型云室测量的结果相同。

三、冰核浓度测量的结果

1. 核浓度随温度的变化

根据45组记录，我们求得了总体平均、上午平均、下午平均的冰核浓度随温度分布情况如表1a—c和图4所示。

表1a 总体平均核浓度随温度的变化

温度($^{\circ}\text{C}$)	-12	-16	-20	-25	-30
浓度(个/升)	1.44	3.55	5.82	14.80	102.20

表1b 上午平均核浓度随温度的变化

温度($^{\circ}\text{C}$)	-12	-16	-20	-25	-30
浓度(个/升)	2.37	4.43	7.17	19.13	124.97

表 1 c 下午平均核浓度随温度的变化

温度(°C)	-12	-16	-20	-25	-30
浓度(个/升)	0.48	2.64	4.41	10.27	79.43

由图 4 可见,冰核浓度随温度递减增加很快。春季每日上午,北京地区和白城地区温度在 -20°C 左右时冰核浓度相差不大;在 -20°C — -30°C 之间北京冰核浓度大于白城地区;而高于 -20°C 时白城地区核浓度反而大于北京地区。

高于 -10°C 时,一般情况下没有发现冰核。当有河套倒槽或内蒙气旋东北上时,带来了较多的风沙,也相应观测到较多的 -10°C 时的核。如 5 月 8 日 14 时我们曾测得 -10°C 的核 5 个/升,但在 -8°C 时冰核从未出现。这说明白城地区在某些时候存在 -10°C 时也很活跃的核。

2. 核浓度逐日间的变化

由图 5 可见,逐日间核浓度的变化较大,最大值大于一个量级。从资料的对比分析中发现,这样大的变化是与气团源地、天气系统及气象要素的变化密切相关的。

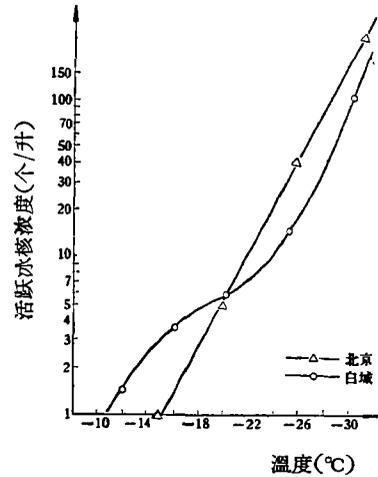


图 4 总体平均核浓度随温度的变化

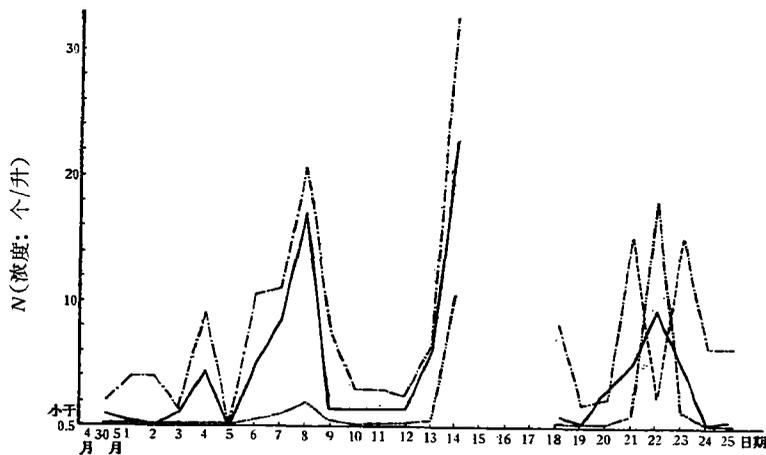


图 5 4 月 30 日—5 月 25 日每日间上午浓度变化曲线

(--- 表示 -12°C 核浓度的变化 — 表示 -16°C 核浓度的变化
- · - 表示 -20°C 核浓度的变化 —— 表示 -20°C 核浓度受降水影响后的变化)

四、冰核浓度与气团、天气系统的关系

从 -16°C 的核浓度随风速、风向的散布图(略)来看,核浓度和风速、风向之间的关系不清楚。观测期间,有时强风将土壤从地面吹起,也没有观测到浓度的显著增加。这说明白城地区冰核浓度的变化,主要不是依赖于当地的风速、风向的变化。影响本站的主要核

表2 4月30日—5月25日每日上午测得的三种核浓度

日期	浓度 (个/升)			气团的源地与性质	本区位于系统位置	700 毫巴 高空气流
	-12℃	-16℃	-20℃			
4月30	<0.5	1.0	2.0	M区的贝加尔湖低压	低压前部暖区	WSW
5月1	<0.5	0.5	4.0	M区的贝加尔湖低压	低压前冷高压边缘	WSW
2	<0.5	<0.5	4.0	M区的贝加尔湖低压	分裂低压前部	NE
3	<0.5	1.0	1.5	M区的北方冷高	高压前低压远后方	NW
4	<0.5	4.5	9.5	M区5月1号系统下压	低压后冷区	WNW
5	<0.5	<0.5	0.5	M区的北方冷高	分裂高压中心前部	W
6	0.5	5.0	10.5	D区的低压带中	分裂小低暖区	WSW
7	1.0	8.5	11.0	D区的河套倒槽	倒槽暖锋远前方	WSW
8	2.0	17.0	20.5	D区的河套倒槽	暖区副冷锋前	SW
9	0.5	1.5	7.5	D区的河套倒槽	低压冷区远后方	NW
10	<0.5	1.5	3.0	M区的北方冷高	高压前部	NW
11	<0.5	1.5	3.0	M区的北方冷高	高压前部东北方	NW
12	<0.5	1.5	2.5	M区的贝加尔湖气旋	低压远前下方	WSW
13	0.5	6.0	6.5	M区的贝加尔湖气旋	紧靠冷锋前暖区	SW
14	11.0	23.0	33.5	D区的内蒙气旋	紧靠冷锋暖区	SW
18	<0.5	1.0	8.5	M区的北方冷高	分裂小高压中间	W
19	<0.5	<0.5	2.0	M区的北方冷高	分裂小高压中心紧后部	SE
20	<0.5	3.0	2.5	D区低压带中小低压	分裂小低压冷锋后	SE
21	1.0	5.0	15.5	D区低压带中小低压	分裂小低压后部冷区	SW
22	18.5	9.5	2.5	D区河套倒槽小低压带	紧靠冷锋后	SW
23	1.5	5.0	15.0	D区河套倒槽产生小低压	小低压较远后方	NW
24	<0.5	<0.5	6.5	M区的北方冷高	高压前部	NW
25	<0.5	0.5	6.5	M区的北方冷高	高压前部	SW

源不是在白城本地。在白城地面上，我们也曾作过有较大人造风沙和没有人造风沙的情况下，核浓度的比较测量。结果 -12℃、-14℃ 都没有发现浓度增加，而 -16℃ 的核浓度每次增加仅有近 1 倍，这与 1—2 个量级的波动相比较，悬殊很大。

-20℃ 平均核浓度随能见度的变化情况：能见度 8 级时平均为 5.1 个/升；6—7 级时为 8.8 个/升，能见度愈坏核浓度愈大。更值得注意的是，差的能见度的出现大多与核浓度的峰值相对应，而出现好的能见度时都测量到核浓度的极小值。如 5 月 8 日上午出现的核浓度峰值，能见度为 2300 米；5 月 23 日的峰值，能见度为 1900 米；而 5 月 5 日出现极小值，能见度为 2900 米。

由于测站位于城郊, 城市中大型工业较少, 加之局地风向很少出现东南风(测站位于城市西北方), 故城市污染对能见度的影响可能不大。影响能见度主要是与气团属性关系密切的风沙。

我们将影响测站气团的不同源地划分为 D 区和 M 区, M 区在 WNW 至 NE 范围内, D 区在 SE 至 WNW 范围内。

5 月 7—8—9 日, 13—14 日, 21—22—23 日这几天出现了核浓度的峰值(表 2, 图 5), 都是受 D 区来的河套倒槽和内蒙气旋控制, 高空 700 毫巴出现 SW—SSW 气流的日子。5 月 3 日, 19 日, 24 日出现了核浓度的极小值, 测站都是受北方冷高压的影响, 高空盛行 NW—N 或 SE 气流的时候。每当有 M 区来的贝加尔湖气旋影响, 高空又出现 N—NW 气流配合时, 多测得中间大小的核浓度。

5 月 7—9 日(出现峰值)河套 700 毫巴倒槽路径是: 自我国酒泉向东北, 经蒙古人民共和国乌兰巴托, 转向正东经过我国吉林北部。4 月 30 日—5 月 3 日(出现中间值), 苏联贝加尔湖低压 700 毫巴中心自西北进入我国黑龙江省北部, 然后移出国境。5 月 19 日(出现极小值)冷高压 700 毫巴层中心自苏联贝加尔湖西北直向东南移, 经我国吉林省东北部。从此可以看出, 核浓度与气团源地、天气系统是密切相关的。来自 D 区的气团, 核浓度大大高于来自 M 区的气团。从天气系统来看, 我国河套倒槽和内蒙气旋所含核浓度最大, 苏联贝加尔湖气旋次之, 北方冷高压所含核浓度最低。这不仅表现在平均情况上(表 3), 而且在逐日间核浓度变化上表现也很明显。

表 3 不同系统中 -16°C 平均核浓度含量比较表

系 统	来之区域	-16°C 平均核浓度(个/升)
河套倒槽及内蒙气旋	D	10.33
贝加尔湖气旋	M	2.25
北方冷高	M	0.78

D 区为蒙古高原, 其西南部和东部多为沙漠、黄土、浮沙覆盖, 每当锋面过境时, 多发生沙暴, 这时天空混黄一片, 沙云顶可达很高高度。M 区为半干燥区, 显然来自 M 区的气团所含之土壤粒子, 大大低于来自 D 区的气团。苏联贝加尔湖气旋和我国北方冷高压虽然来自同一源地, 但前者以辐合上升为主, 而后者主要是下沉辐散, 所以贝加尔湖气旋空气中所含之土壤粒子大于北方冷高压。5 月 7—8—9 日倒槽不仅通过这些干燥区, 而且 5 月 6 日在河套附近, 曾出现尘暴, 以后几天相应测到了高浓度的冰核。所有这些都说明了我国内蒙、新疆的沙漠区、黄土高原及蒙古人民共和国南部一带, 是有重要意义的冰核源地, 土壤和风沙粒子的一部分可能就是通常在成云降雨中起重要作用的活跃核。国外许多室内试验指出, 土壤中含有很多在较高温度下活化的物质, 除黄土在较高温度下能活化外, 磁铁矿在 -8°C 活化, 黑云母在 -14°C 活化^[3]。

每种气团虽含有一定量的冰核, 它并不是保守的气团属性, 移过不同地方, 在不同天气下, 浓度有变化。在高空的变化可能小一些(这一点在表 4 中也可看出), 因此在研究核源时, 要注意气团核浓度的变化以及高空输送情况, 而这与大型天气系统、移过的下垫面

及产生的天气现象等应该是密切相关的。

表 4 -16°C 平均核浓度随 700 毫巴风向变化图

数 据 项 目 风 向	出现次数	出现频数	-16°C 核 平均浓度 (个/升)	占总数浓度百分比
W—SSW	24	53%	5.31	68.4%
NNE—WNW	14	31%	2.03	26.1%
S—NE	7	16%	0.42	5.5%

五、白城地区春季人工催化增雨可能性的讨论

赵伯林和丁荣良(1963)^[4]研究了非封闭系统锋面层状云系中冰水转化问题,及人工增雨的可能性时指出,为了要达到最大降水效率,云中冰晶含量一定要有适宜的浓度,一方面使云中水分充分地化为降水元落下来,又要不破坏云层结构。在他们所假设的云层条件下($\omega = 10$ 厘米/秒, $\Delta a = 10^{-7}$ 克/厘米³, $\xi = 100\mu$)需要冰晶浓度 1.25×10^5 个/米³。由以往在白城地区抗旱中所取得的资料来看(表 5a, b),春季白城地区锋面系统中的层状云,厚度都较大。云顶温度高于 -15°C ,占比重略大,我们近似取出云中温度为 -16°C ,并假定大气中核浓度到处分布均匀,从表 3 算出,天气条件较好,河套倒槽和内蒙气旋中平均浓度含量是 1.03×10^4 个/米³,贝加尔湖气旋是 2.25×10^3 个/米³,这与上述理论研究指出的所需浓度相差 1—2 个量级,为了要获得较大的降雨效率,从这个粗略的依据上来看,在白城地区用干冰催化春季层状冷云,增加一定量的成冰核,一般来说,具有一定意义。但是,人工降水的条件问题是很复杂的,在不同的气象条件下,是否可以催化,怎样催化,还需要进行深入具体的研究,即便在成冰这一个方面的问题上也是这样的。

表 5 a 春季白城地区锋面层状云系云顶温度出现频率

云顶温度范围	出现频率
$-12^{\circ}\text{C}—-15^{\circ}\text{C}$	60%
$< -15^{\circ}\text{C}$	40%

表 5 b 春季白城地区锋面层状云系云厚范围出现频率

云厚范围	出现频率
1.5 公里—2 公里	29%
> 2 公里	72%

六、结 语

1. 白城地区春季的大气冰核,浓度随温度降低增加很快,和北京地区相比较, -20°C 左右浓度大约相等; $-20^{\circ}\text{C}—-30^{\circ}\text{C}$ 之间,北京的浓度大于白城;而高于 -20°C 时,白城地区反而大于北京地区。

2. 核浓度与能见度密切相关, 能见度愈差, 核浓度愈高; 而与地面风向、风速关系较差。这说明白城地区的冰核主要不是来自本地, 而是和气团源地、天气系统密切相关的。来自干燥区域的河套倒槽和内蒙气旋核浓度含量最高, 来自半干燥区的贝加尔湖气旋含量次之, 来自半干燥区域的北方冷高压含量最小。可见我国和蒙古人民共和国的干燥区域是有重要意义的冰核源地。

参 考 文 献

- [1] Isono, K. M., Komabayasi and Ouq, A. 气象集志, Vol. 37 (1959), No. 6, 211—233.
- [2] Bigg, E. K., *Tellus*, 3 (1957).
- [3] 矶野谦治、池边幸正, 气象集志, Vol. 138 (1960), No. 5.
- [4] 赵柏林、丁荣良, 气象学报 33 (1963), No. 3.