第 23 卷第 2 期　　南 京 气 象 学 院 学 报　　Vol. 23 No. 2
2000 年 6 月　　Journal of Nanjing Institute of Meteorology　　Jun. 2000

贺兰山地区大气冰核浓度的测量及初步分析

牛 生 杰[1], 安 夏 兰[1], 陈　跃[2], 黄 生 华[3]
(1. 宁夏气象科学研究所, 宁夏 银川 750002; 2. 中国气象科学研究院, 北京 100081;
3. 内蒙古阿拉善盟气象局, 内蒙古 巴音浩特 750300)

摘要: 根据 1994 年在银川和阿拉善左旗观测得到的冰核资料, 给出了两地不同天气条件下的大气冰核浓度, 分析并讨论了冰核浓度与风、降水、天空状况等的关系, 给出了飞机在空中测量冰核的结果。

关　键　词: 大气冰核; 滤膜; 冰核浓度测量
中图分类号: P421.2　　文献标识码: A

自然冰核活化存在 4 种方式, 即凝华、凝结– 冻结、浸没和接触冻结。冰核是形成冰晶的基本条件之一, 在冷云降水中起着激发过冷水向冰晶转化的作用。因此, 对大气冰核的观测分析引起了各国科学家的重视, 并取得了一些有益的成果[1,2], 我国在这领域也做了大量工作[3]。通过对一些自然云中冰核和冰晶浓度的观测发现, 两者的浓度有时差异很大, 可高达 4 个量级[4]。因此, 对大气冰核的观测分析, 是研究自然冷云降水和人工影响冷云降水的基础性工作。一些研究认为黄土高原是大气冰核的主要源地[5]。宁夏处于黄土高原和沙漠边缘地区, 研究其冰核浓度更具有重要意义。为此, 1994 年 5 月至 11 月我们在位于腾格里沙漠边缘的贺兰山脉东西两侧(内蒙古阿拉善左旗和银川) 同时用滤膜法进行冰核观测, 并利用飞机对空中冰核进行了测量。采样后的滤膜在 Bigg 云室中活化处理, 本文给出了部分观测资料初步分析结果。

1　大气采样及活化处理

阿拉善左旗的观测点设在巴音浩特镇阿拉善盟气象局, 银川观测点设在银川贺兰山机场, 采样头距地约 3 m。两观测点取样方式相同, 用空气采样器每次抽气 10 min, 固定空气流量为 5 L/min, 共计采样 50 L。采样时将 2 张清洁的空白滤膜分别装入两个具有多孔衬垫的取样头内, 每张滤膜分流 25 L。所用滤膜为上海生产的混合纤维素脂微孔滤膜, 孔径为 0.47 μm。对采样后滤膜的活化处理在 Bigg 云室中进行。有关该云室的结构、特点等参见文献[6]。由于云室温度难以固定在– 20 ℃, 故在云室中得到的结果还需订正到– 20 ℃时的数据, 以便对比分析。将未取过样的空白滤膜在不同温度下分别进行活化处理, 得到一组空白滤膜上的冰核数随温度变化的资料, 用最小二乘法拟合出的本底冰核数随温度变化的关系式为

$$N_t = 0.128 \exp(-0.214t)。\quad (1)$$

国家自然科学基金项目(4965010) 和国家气象局气象科学基金云物理项目(93-3J-4/6010) 资助
收稿日期: 1999-07-16; 修订日期: 1999-12-08
第一作者简介: 牛生杰(1962–), 男(汉族), 宁夏气象科学研究所高级工程师, 硕士.

得到– 20 ℃时的空白滤膜的平均浓度为9.2 个。不同温度下的冰核数随温度的分布可用指数公式拟合,

$$N_t = N_0 \exp(-0.214t)。 \quad (2)$$

用(2) 式把不同温度时的冰核数订正到– 20 ℃时的公式为

$$N_{-20} = N_t \exp[-0.214(-20-t)]。 \quad (3)$$

用– 20 ℃冰核数再减去– 20 ℃时滤膜的本底冰核数, 两张采样膜的平均冰核数除以取样体积就得到冰核浓度。

2　结果分析

2.1　贺兰山地区冰核浓度的基本特征

观测点分别位于基本呈南北走向的贺兰山东西两侧, 位于西侧的巴音浩特距贺兰山约1.5 km, 位于东侧的观测点银川某机场距贺兰山约1.7 km。1994 年 6～7 月两观测点冰核浓度见图 1(观测时间为北京时间上午 10 时)。

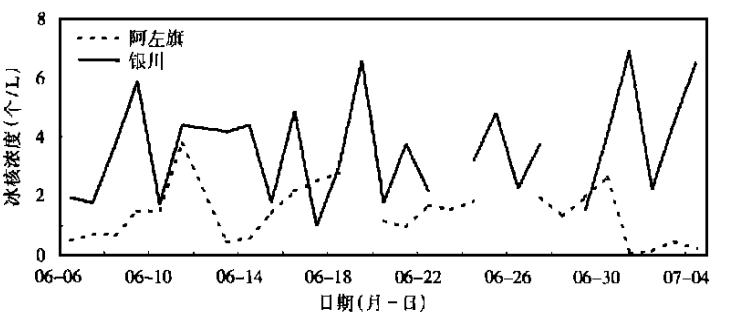


图 1　贺兰山地区冰核浓度日际变化(1994 年6 月 6 日至 7 月 4 日资料)

Fig. 1　The daily change of the concentration of atmospheric ice nuclei in Mt. Helanshan area

由图 1 可知, 在近一个月的观测时间里, 银川的冰核浓度明显高于巴音浩特。银川平均冰核浓度为 3.3 个/L, 最大浓度为 6.9 个/L, 最小浓度为 0.9 个/L。巴音浩特平均浓度为 1.4 个/L, 最大为 2.7 个/L, 最小为 0.2 个/L。冰核浓度为 10^0 数量级, 两地冰核浓度的日际变化均较明显。因贺兰山的阻挡作用, 两观测点冰核浓度日际变化无明显相关。两地受同一天气系统控制, 天空云状相近, 均以高中云系为主, 平均风力也相近。巴音浩特的能见度水平明显较银川好, 这可能是造成银川冰核浓度较巴音浩特高的主要原因。1994 年 6～11 月巴音浩特逐月冰核浓度平均值见表 1, 可见, 巴音浩特 6～11 月平均冰核浓度变化不大, 一般为 1～2 个/L, 平均为 1.4 个/L。

表 **1**　巴音浩特 **6～11** 月逐月冰核浓度平均值

Table 1　The mean concentrations of atmospheric ice nuclei from Jun. to Nov. in Bainhaote

	月份						平均
	6	7	8	9	10	11	
冰核浓度(个/L)	1.7	1.2	1.4	1.5	1.2	1.2	1.36

2.2　冰核浓度与风的关系

将观测期间所有风向与相应的冰核浓度按 16 个方位统计, 图 2 给出巴音浩特冰核浓度的

风玫瑰图。由于银川观测时间较短(6～7 月),在观测期间出现 NNE-E 风向比较多,部分方位缺少观测资料。巴音浩特在 6～11 月除风向为 E 时缺少观测资料外,其他各风向均有观测资料,N 风和 W 风时冰核浓度较大,WSW 方向较小(只有一次观测记录),各风向冰核浓度差异不是很大。巴音浩特本身处于沙漠地区,各方向均可输送冰核,而在 SSE 和 NE 两个方向又与银川和石咀山工业污染源有关。

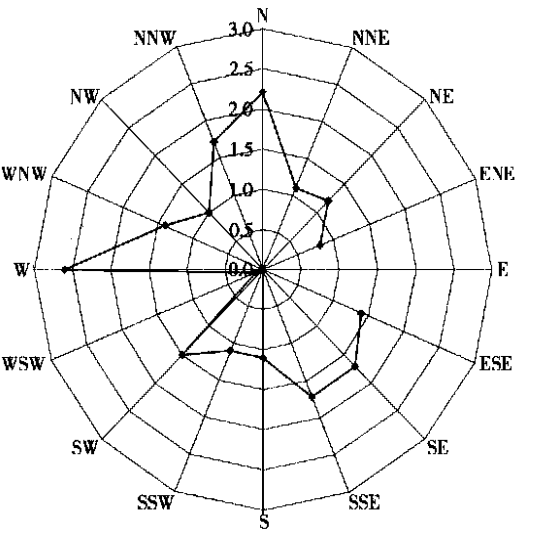


图 2 巴音浩特冰核浓度风玫瑰图

Fig. 2 The wind rose of the concentration of atmospheric ice nuclei in Bainhaote

由巴音浩特 1994 年 6～11 月冰核浓度与风速的统计结果(图 3)可知,静风时巴音浩特的冰核浓度较大,随风速增大,冰核浓度稍有增加,但不很明显。

由以上分析可以认为,由于贺兰山地区处于沙漠和黄土高原地带,本身就属冰核源地,故各风向下冰核浓度差异不很大。

2.3 冰核浓度与降水的关系

表 2 给出巴音浩特冰核浓度与降水的关系。1994 年 7 月 7 日降水雨强比较大,观测到的冰核浓度为 0.3 个/L,明显较平均值(1.4 个/L)小。当雨强较小时,降水对冰核浓度的影响不太明显。强降水对冰核的冲刷作用很明显。

表 **2** 冰核浓度与雨强关系

Table 2 The relation between the concentration of atmospheric ice nuclei and the precipitation

	日期							
	6 月 15 日	6 月 21 日	7 月 7 日	7 月 11 日	7 月 22 日	8 月 12 日	9 月 8 日	9 月 24 日
雨强(mm/h)	0.1	0.1	7.1	0.2	0.1	1.2	1.0	0.1
冰核浓度(个/L)	1.4	1.0	0.3	0.6	0.8	0.9	1.2	1.3

2.4 冰核浓度与天空状况的关系

将观测时天空状况分为高中云、低云、晴空 3 种情况,分别统计冰核浓度与天空状况的关系,统计结果列于表 3。

表 **3** 冰核浓度与天空状况的关系

Table 3 The relation between the concentration of atmospheric ice nuclei and the sky conditions

	银川云况			巴音浩特云况		
	晴空	低云	中高云	晴空	低云	中高云
冰核浓度(个/L)	4.1	2.5	3.5	1.1	0.9	1.5

由表可见,无论是银川还是巴音浩特,晴空时及天空中有中高云时冰核浓度均高于有低云时的冰核浓度。银川晴空时冰核浓度最大,这与晴空时地面多为高压控制,低层大气冰核不易向上输送有关。而天空有低云时,低层大气多处于辐合状态,低层冰核物质较易向上层输送。

2.5 冰核浓度随高度的分布

1994 年 6 月 15 日和 6 月 19 日利用安-26 飞机对高空大气冰核进行探测。采样进气管道从机舱底部伸出, 利用滤膜进行采样, 共进行 3 架次采样, 飞行最高高度为 5 500 m, 飞行区域均在宁夏境内。探测中曾经观测到冰核浓度最大达 5 个/L, 最小为 0.2 个/L。图 4 给出 1994 年 6 月 15 日探测的冰核浓度随高度的分布, 观测时间为 14 时 23 分至 16 时 52 分, 云状主要为 As 云, 云顶高度约在 6 000 m 附近。飞机爬升后在 5 400 m 高度进行水平催化播撒飞行。由图 4 看出, 5 000 m 以下冰核浓度基本随高度呈递减趋势。在云顶附近的水平探测中, 冰核浓度有较大的离差。由于探测是在人工增雨作业时进行的, 水平探测的云已经受到了人工催化的影响, 探测的冰核浓度可能受到影响。

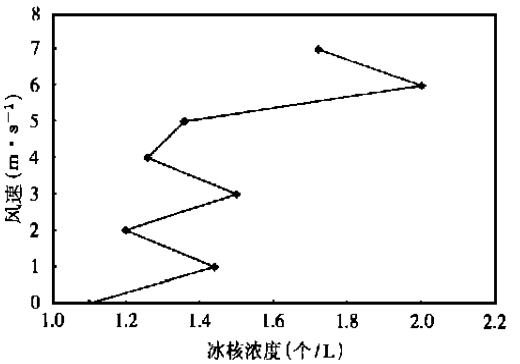


图 3　冰核浓度与风速关系

Fig. 3　The relation between the concentration of atmospheric ice nuclei and the wind speed

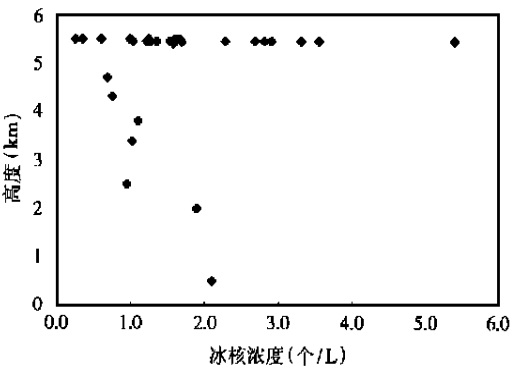


图 4　冰核浓度随高度的分布

Fig. 4　The change of the concentration of atmospheric ice nuclei with the altitude

3　结　论

对银川和巴音浩特两观测点冰核浓度的测量及分析表明, 银川的冰核浓度(平均为 3.3 个/L) 较巴音浩特的(平均为 1.4 个/L) 高; 冰核浓度与天空状况有关, 低云天气较晴空和中高云系天气条件下冰核浓度低; 由于观测点处于冰核源地, 除风向为 WSW 时冰核浓度稍低外, 其他风向下冰核浓度差异并不十分显著; 雨强较大时, 降水对冰核的冲刷作用较大, 使冰核浓度明显减少; 冰核浓度随高度增加基本呈减少趋势, 一般约为 1 个/L, 但在云顶水平飞行时冰核浓度有较大的差异, 可能是人工催化所致。

参 考 文 献

[1] Bigg E K. Comparison of concentrations of ice nuclei in different parts of the world[J]. J Rech Atmos, 1970, 4(2): 41～58.

[2] Hudson J G. Cloud condensation nuclei[J]. J Appl Meteor, 1993, 32(3): 596～607.

[3] 游来光, 王鹏云, 杨金锡, 等. 对流层冰核浓度的观测和初步分析[C]. 见: 中央气象局气象科学研究院院编. 气象科学技术集刊(2). 北京: 气象出版社, 1982. 141～144.

[4] Rogers D C. Measurements of natural ice nuclei with a continuous flow diffusion chamber[J]. Atmospheric Research, 1993, 29(2): 209～228.

[5] 鄂大雄. 黄土高原尘沙作为大气冰核的实验研究[J]. 应用气象学报, 1994, 5(2): 129～134.

[6] 陈金荣. 大气冰核浓度的测量及特征[J]. 气象科学, 1994, 14(2): 155～160.

Measurements and Analysis of Concentrations of Atmospheric Ice Nuclei in the Helanshan Area

Niu Shengjie[1)] An Xialan[1)] Chen Yao[2)] Huang Shenghua[3)]

(1) Ningxia Meteorological Science Institute, Yinchuan 750002;
2) Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081;
3) Alashan Meteorological Bureau, Inner Mongolia, Bainhaote 750300)

Abstract: The concentration of atmospheric ice nuclei was observed in 1994 in Yinchuan and in Bainhaote of Inner Mongolia respectively. The concentration of atmospheric ice nuclei under different sky conditions is studied and the relation is discussed between the concentration of atmospheric ice nuclei on one hand and wind, precipitation and the sky conditions, on the other hand. The observation results of ice nuclei from aeroplane are also given.

Key words: atmospheric ice nuclei, millipore filters, measures of the ice nuclei concentration