

用滤膜法观测大气冰核的静力扩散云室*

杨绍忠 马培民 游来光

(中国气象科学研究院, 北京, 100081)

摘 要

介绍了经过改进的用滤膜法观测冰核的静力扩散云室及其取样装置。叙述了其各组成部分的原理、结构、达到的性能指标,分析了各系统的工作对冰核活化条件的影响。给出了对相对稳定的人工 AgI 冰核源作不同体积的取样和不同温度下的处理结果,同时也给出了用该设备对北京市海淀区冬季冰核浓度的日变化所做的初步观测结果。

关键词: 冰核, 静力扩散云室, 滤膜法。

1 引 言

冰晶在促进云的冰相形成和降水过程中有着重要作用。云中冰晶的多少,与在一定条件下增长成冰晶的冰核浓度有关。目前的人工降水作业正是建立在云中是否缺乏冰核的理论基础之上。因此,研制能模拟自然状态冰核活化、冰晶演变规律的试验测定设备十分必要。

观测大气冰核浓度的仪器设备有多种形式^[1]。虽然它们的原理、构造各不相同,但其基本观测过程是一致的,即都是通过采样,使冰核在一定条件下活化,形成冰晶,然后进行计数,得出活化冰核的浓度随温度的变化(温度谱)和随湿度条件的变化(湿度谱)^[2]。所用方法上大致可分为:(1)直冷云室法,(2)沉降显现法,(3)滤膜显现法。尽管依据每一种方法都曾研制出仪器和设备并进行了大量的观测^[3,4],但至今尚未发现一种令人满意的方法。其困难在于任何一种方法都不能真实模拟在大气中发生的核化条件、全面观测由不同机制活化的冰核。但将过滤一定体积空气的滤膜样片暴露于静态扩散云室中作显现处理^[5],可以将取样后的滤膜留待以后在实验室中做统一处理,不但使野外观测程序得到简化,而且还可以对冰核活化条件进行严格控制,从而增加资料的可比较性。

我们研制的静力扩散云室主要有扩散云室及其环境设备;控制和测量温度主机;大气冰核滤膜取样器三个部分。通过连续运行试机和近 400 余张滤膜样片的试处理,证明各部分工作性能稳定。在不同温度下对不同取样体积的稀 AgI 气溶胶气样的试验表明:在相应过饱和度下,云室对冰核浓度的反应呈良好的线性关系。另外,用该装置对北京市海淀区冬季冰核浓度的日变化观测表明它在冰核测量上具有使用价值,可以作为冰核观测研究的基本设备。利用可精确控制云室上下两板温度的功能,还用该装置进行了冻滴试验。

* 1993 年 3 月 8 日收到原稿,1993 年 7 月 20 日收到最后修改稿,由国家气象局气象科学基金资助。

各部分的工作原理、结构、性能及使用方法等叙述如下。

2 设备的构成及原理

2.1 扩散云室及其环境设备

扩散云室主体由两块可控温度的上下板及一个能使两板构成封闭的框架组成。上下两板水平平行放置。上板的内表面为一平冰面,下板为一直接放置滤膜的平面。通过相应电路的控制,在扩散达到平衡的条件下,比上板温度低一定值的下平面表层的空气对应一相对确定的冰面(或水面)过饱和度。如果在下平面上放置已取过气样的滤膜,捕获于滤膜上的冰核将会在这个温度和过饱和条件下吸附水汽分子而活化并逐渐长大为可见的冰晶。通过改变上下板的温度进行系列测定,就可得到相应的温度谱和湿度谱,从而对冰核活化、冰晶增长规律等进行分析研究。

云室主体结构如图 1 所示。云室上板为 $140\text{mm} \times 140\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的黄铜板,其内表面为 $116\text{mm} \times 116\text{mm} \times 3\text{mm}$ 的浅槽,浅槽内用去离子水冻结成平冰面作为冰晶增长的水汽源。黄铜板的另一面,均匀放置 4 块 TECI-12703 型半导体致冷组件^[6],致冷组件的另一面紧贴于密封的散热槽。在电路的控制下使云室上、下板为所需温度。为使冰面的温度分布尽量均匀一致,将散热槽内部设计成筋肋状,并用多孔分流导管将热交换冷媒均匀分开,从散热槽流出的冷媒进入热交换箱,再经管道泵打回云室散热槽,形成一个封闭的循环热交换系统。

云室的下板与上板结构基本相同。所不同的是,在黄铜板的内表面上可紧贴放置 4 块 $\Phi 47 \times 2$ 的镀铬圆铜板。暴露的一面均匀涂布石蜡油,用以粘附滤膜,使铜板与滤膜有一个良好的热接触。除粘附滤膜的 4 块圆铜板外,暴露于云室或环境的其它部分均用玻璃纤维环氧树脂板覆盖,以减少上下板间以及环境之间的热损失,降低电路的功耗,提高恒温精

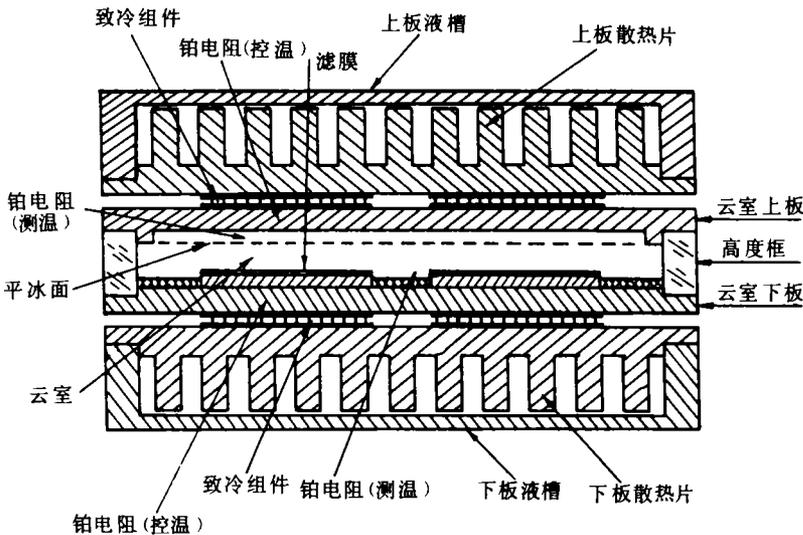


图 1 滤膜处理静力扩散云室结构示意图

度。

云室高度的取值设计成具有可调性，一般在 0.25—1.0cm 之间选取。本云室制作了 4 种不同高度的有机玻璃框架以便在试验中选用。在其它同类装置中，当把云室上板打开更换滤膜或进行读数时，放置滤膜的下板和上板的冰面直接暴露于环境，使恒温值受到影响。操作完成将上板盖上后，有一个再调节过程，上板并不是立刻回到原恒温值，故增长出的冰晶并不是在某一确定的条件下增长起来的。为解决这一问题，在本云室高度框架的中心高度上制作了一个能抽拉的带刻度的有机玻璃水汽隔板。其作用一是待上下板温度稳定后再拉出来（或先推进去），以保证冰晶在一个相对稳定的湿度条件下增长；二是板上的刻度便于目测读数；三是可以截断或接通冰晶增长的水汽源，使冰晶增长有确定的时间。

为避免设备外表结霜，并使设备部件间的温度差减小，应将整个云室及其循环热交换系统置于一个冷环境设备中，使环境温度低于或接近冰核活化时的温度。为此，使用经改装的 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温箱作为云室的环境设备。为便于操作和观测计数，同时也利于绝热，设计制作了双层有机玻璃盖子，其长宽均与低温箱内径相符，边缘用密封条加以密封。夹层中装有两个电子节能灯用于内部操作照明，中间留有观测孔（照像孔），在其左右两边各留一个操作口，可以将手伸进内部进行操作。在盖子的左侧装有一个可调角度的反射镜，用于计数时照明。考虑到计数或照像时需要调整高度或焦距，故将云室主体放在一个可调升降平台上，以便根据需要作适当调整。同时，云室本身也可以用其底部的螺钉进行冻冰时的水平调整。

2.2 扩散云室的温度控制和测量

在本设备中，云室的上下板温度的控制是技术关键。目的是使云室的上下板分别处于所需要的某一恒温值，以维持冰核活化增长的环境条件。由于云室的环境设备使用的是通用冰柜，启动后温度逐渐降低，达额定温度后停机，之后又逐渐升温，待温度升到启动阈值时再次启动，其温度总是处于缓慢地反复变化之中。因此，控温电路需随云室环境温度的变化而改变加热（或致冷）功率，才能保证云室上下板处于恒温状态。同时，在处理滤膜时，所需温度若高于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ （冰柜内部平均温度），致冷组件处于加热状态，若低于 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，就要求电路有自动改变极性的能力，使原加热面变为致冷面。根据以上要求，我们选定 PID 控制作为云室温度控制方法。为方便分别调整，云室上下板由两套控温电路分别控制。

云室温度控制电路如图 2 所示。作为桥路一个臂的 WZP-P₁₁₀₀ 型玻璃铂电阻，被埋在半导体致冷组件与黄铜平板相接触的暗槽里，并用导热硅脂填充其间隙，用来感应平板的温度。其阻值随温度升高而增加，变化率为 $0.389\Omega/^{\circ}\text{C}$ 。电桥的另一臂为带刻度的多圈电位器，装设在主机面板上，用来选择所需要的温度值。通过它调整的温度变化范围为 $-0.56\text{ }^{\circ}\text{C}$ — $-45.34\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，没有超过 TEC1-12703 型半导体致冷组件的一级致冷温差（一级致冷最大温差 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）。致冷组件的热端处于 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时，其冷面应能达到 $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右。实际上，整

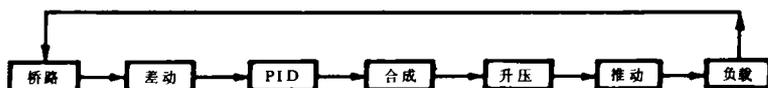


图 2 云室温度控制电路

个云室处于平均 -20°C 左右的冷环境中,致冷组件的冷面若为 -45°C ,两端温差仅为 15°C ,所以,采用一级致冷完全能满足冰核活化温度要求。

桥路的偏差即非平衡量通过差动放大后进入PID电路^[7]。比例(P)电路的调整范围为 $0.5-\infty$,积分(I)电路的积分时间常数可在 $0.47-9.87\text{s}$ 之间调整;微分(D)电路的时间常数为 $0.003-6.633\text{s}$ 。需要说明的是,微分作用能很好地反映输入信号的变化趋势。输入变化越陡,微分作用越强,从而加速系统的变化过程,减小调节时间。但也要恰到好处,若微分作用太强会造成系统不稳定^[8]。要根据被控对象的实际情况使积分和微分适当配合,才能得到较理想的控制效果。PID倒相合成后的输出经一电压限幅电路进行限压,而后做升压处理,并直接推动功放电路。功放级设计成互补对称电路,直接带动负载。为防止功放管的损坏,将输出电流限制在要求的范围内。据负载要求,实用输出电流被限制在 2A 以下。整个电路具有承受负载短路的能力。

把云室主体放在不同环境下分别作了不同温度的调节过程连续记录。图3是将云室主体放入冷环境设备中的记录结果。由图可见,每当预置一个新的温度值,都有大约 $15-20\text{min}$ 的调节过程,其后一直保持恒温状态。在长时间稳定性试验中,曾在没有急剧的温度扰动(如云室主体突然打开、关闭等)的情况下,在 -15.7°C 连续运行时间长达近 9h 。在此时段内,温度一直稳定在显示值。用 $4\frac{1}{2}$ 的数字万用表与本机 $3\frac{1}{2}$ 数字面板表并联,对云室上下板分别在不同温度下所做的恒温稳定性的测试表明,冰核活化所需温度与环境温度相差越小,稳定性越好,相差越大,稳定性则变差。下板平均漂移约为 $0.022^{\circ}\text{C}/\text{h}$,上板平均漂移约为 $0.025^{\circ}\text{C}/\text{h}$,恒温控制精度为 $\pm 0.01^{\circ}\text{C}$ 。

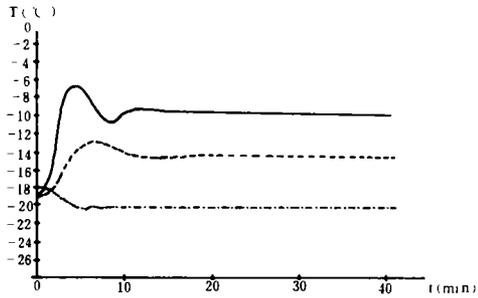


图3 云室主体在冷环境中下板恒温调节过程

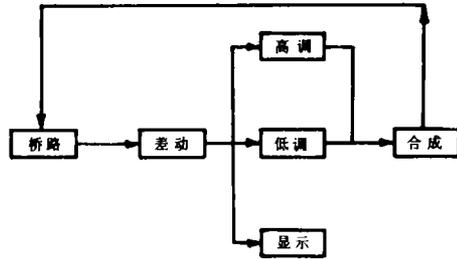


图4 云室温度测量电路

云室的上下板温度测量电路(图4)采用基本的桥式电路,它把因温度引起的电桥不平衡变为电压输出进行检测。作为桥臂之一的 R_t 为WZP- P_{1100} 型玻璃铂电阻。为了使测得的温度尽量能代表滤膜表面(冰核活化面)温度,在云室下板内表面中心位置上,用导热硅脂粘上一块与滤膜托盘同质同厚度的直径为 25mm 的圆板,将 R_t 镶嵌在该板上事先开好的小槽内,用导热硅脂填充间隙,并在上部盖上一块环氧树脂板与外界绝热。在上板,感温铂电阻用不锈钢管密封后直接冻结在冰层内,测得的冰面温度即为云室上板温度。至于铂电阻元件的非线性,可用低端(-100°C)和高端($+100^{\circ}\text{C}$)调整电路分别进行修正。此电路可线性输出 $100\text{mV}/^{\circ}\text{C}$,测温范围为 $-100-+100^{\circ}\text{C}$ 。考虑到 0°C 以上在我们的冰核

测定中已失去意义,故标定时只做了 0—40℃,在此范围内的最大订正值为一 0.1℃。和温控电路一样,云室上下板温度测量使用了相互独立的两套电路。

2.3 大气冰核滤膜取样器

大气冰核滤膜取样器的结构如图 5 所示。气样从进气口进入后首先经过三通进行分流,分流后的气样进入 4 个过滤器,而后再由三通合为一股进入空气流量计、缓冲器、真空泵。取样头中装有孔径为 0.45μm 的滤膜。当气样经过滤膜时,其中的冰核绝大部分可以通过静电效应被滤膜所捕获。过滤气样的流率可从空气流量计上读出。流量计的测量范围为 0.0—0.6m³/h。为使流量计工作稳定并减轻真空表指针的抖动,在真空表前加了一级缓冲器。数显时间继电器用来控制取样时间。它的计时控制范围可在 0—99h 99min 之间任意设定。当设定的取样时间到达后会自动停机。对于我们使用的滤膜来说,总流率为 0.48m³/h。取样体积可由下式算出:取样体积=气样流率×取样时间。

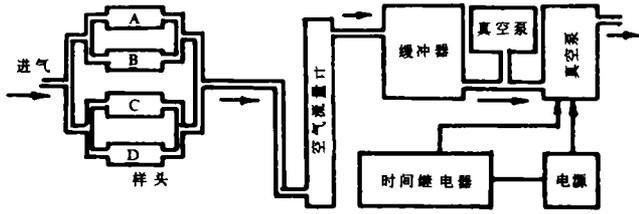


图 5 大气冰核滤膜取样器示意图

取样器在使用中需注意几个问题。做气路连接时,应尽量缩短进气管的长度,以减少冰核在管路中的损失。最好使用金属软管或防静电塑料管。取样器不允许空载(即取样头中未放滤膜),也不允许在取样途中松动紧固螺圈,否则因流量突变有可能因浮子的突然冲击造成流量计的损坏。已取下的滤膜须装在金属制的专用容器中保存,否则会由于静电吸附粘污滤膜,导致取样失败。

3 云室检测冰核的初步鉴定

为了证明云室中被处理的 4 片滤膜是否同时处于某一活化温度下,即 4 个滤膜托盘的温度是否均匀一致,我们特制了一个室内相对稳定的人工冰核源作为鉴定该云室用的冰核源。

人工冰核源是用一个容积为 34.5L 的玻璃容器,在其内部燃烧适量的 AgI 烟剂产生冰核气溶胶,搅拌均匀后,用一个金属注射器连接取样头分别抽滤 0.5, 1.0, 1.5 和 2.0 注射器体积的气溶胶样品,连续取到的 4 片不同体积的滤膜为一组,分别粘附在云室中 4 个滤膜托盘上做显现处理。这样在 -8℃ ($S_i=8.16\%$, $S_w=0.06\%$); -16℃ ($S_i=13.8\%$, $S_w=-2.61\%$); -20℃ ($S_i=20.98\%$, $S_w=-0.47\%$) 3 个温度下各做了 5 组测试,然后将相同温度下获得的各组冰核浓度分别按气样体积进行平均,做线性回归整理,从而得到气样体积与浓度间的关系。

图 6a 是在活化温度为 -8.0℃,冰面过饱和 8.16%,水面过饱和 0.06% 时的 AgI 烟样测值。其相关系数为 0.998,线性关系为 $N_i=2.45+27.22 \cdot V_i$ 。图 6b 是在活化温度为 -20℃,冰面过饱和 20.98%;水面过饱和 -0.47% 时的 AgI 烟样测值,其相关系数为 0.997,线性关系为 $N_i=25.5+88.06 \cdot V_i$ 。从各温度下的结果来看,气样体积和冰核浓度

间呈良好的线性关系,正相关系数均在 0.994 以上,这表明 4 个滤膜托盘的测值是均匀一致的。其共同点均是大取样体积时测值偏低(在 -8°C 时偏低 1.7%, -20°C 时偏低 8.6%),在小取样体积时则测值偏高(在 -8°C 时偏高 1.7%, -20°C 时偏高 21.4%)。这表明确实存在着曾有人提出过的容积效应问题^[9]。从相同活化条件下增长出的冰晶尺度上也可证实这一点。在取样体积大的滤膜上增长出的冰晶明显比取样体积小的滤膜上的要小。这可能是由于取样体积小的滤膜上冰核少,有相对充分的水汽供应,而取样体积大的滤膜上冰核众多,争食同样的水汽,从而抑制了不易被激活的核并减缓了冰晶的增长速度。同样,取样体积小时浓度偏高,则可能是由于相对充分的水汽条件使得不太容易活化的冰核也能增长为可见冰晶所致。

关于滤膜本底,在 -8°C ($S_i=8.2\%$, $S_w=0.06\%$)随机抽做了 4 片。平均本底浓度为 2.5 个/片。这与同温度下的人工 AgI 冰核气溶胶测试关系式中的截矩是一致的。 -20°C 温度下($S_i=20.98\%$, $S_w=-0.47\%$),在新启用的一盒滤膜中按顺序取了 8 片,分两次测试,平均本底浓度为 12.38 个/片,与此温度下的 AgI 人工冰核气溶胶测试关系式中的截矩有较大的差异。通过以后的反复抽测表明,滤膜本底与其不同生产日期、型号,甚至包装都有关系。

4 对大气冰核的初步观测及冻滴试验

1992 年 12 月 14—15 日,北京市天气晴朗且基本无风,于国家气象局一办公楼的四楼顶上进行北京市海淀区冬季冰核浓度日变化的观测。从 14 日 12 时开始每 1h 取一次样,一直到 15 日 12 时结束,取得 25 组、共 100 张滤膜,每次取样 15min 120L 气样,然后在活化温度 -17°C ($S_i=18.2\%$, $S_w=0.18\%$)集中做显现处理,显现时间均为 40min。所得结果如图 7 所示。

由图 7 可见,市区冰核浓度的日变化是很明显的。有三个峰区。从浓度最低(0.1 个/L)的 8 时开始上升,到 11 时达到第一峰值(0.72 个/L),然后下降,自 14 时又开始上升,到 15 时达到第二峰值(0.98 个/L),此间持续时间较长,一直到 18 时才开始下降,之后从 22 时再次上升,到凌晨 1 时达到第三峰值(1.18 个/L)。总的来看,上午的浓度低于下午浓度,下午的低于夜间,而且最大浓度值出现于夜间。最小浓度出现于清晨和午后。最大最小浓度值分别为 1.18 个/L 和 0.1 个/L,平均值为 0.48 个/L^[10]。

另外,因为能够精确控制云室的上下板温度,可用手动分段预置的方法实现线性降温,加之云室所处的环境相对干净,尤其是下板的 4 块滤膜托盘经过镀铬的表面处理后,很适合做冻滴试验,同时也为了考验该设备的耐用性,曾利用该设备配合《云中可溶性物

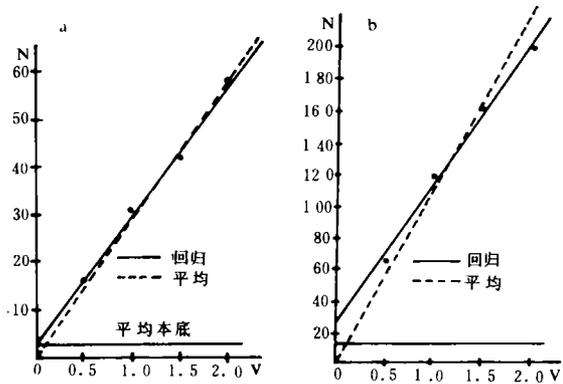


图 6 不同取样体积和温度下的 AgI 烟样测值

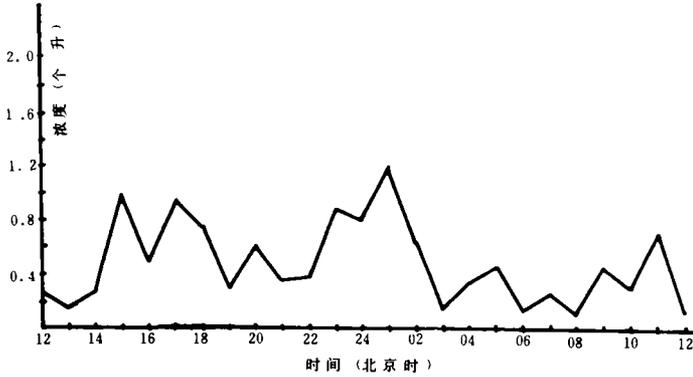


图7 北京市海淀区冬季冰核浓度日变化

(静力扩散云室观测值。时间:1992年12月14日12时—15日12时)

质对冰核化的影响》研究课题,先后共作了氯化钠、硝酸铵、AgI、去离子水等5种液态物质及其不同浓度的可溶性物质的冻滴试验,表明该设备具有多用性开发使用前景。

5 各种误差讨论

5.1 由恒温精度引起的过饱和度误差

云室中过饱和度对其上下板温度相当敏感。任何一种控温方法都有它的精度范围。对我们的控温系统而言,在云室没有急剧气流扰动和急剧的环境温度变化(如突然打开、关闭)的情况下,稳定之后,用 $4\frac{1}{2}$ 数字万用表与本机的 $3\frac{1}{2}$ 面板表并联所测得的恒温精度为 $\pm 0.01^\circ\text{C}$ 。若按调节随机最大误差 $\pm 0.02^\circ\text{C}$ 计算,上下板温差在 $1\text{--}4^\circ\text{C}$ 之间、温度范围为 $0.0\text{--}40^\circ\text{C}$,则冰面过饱和度为 $8.62\%\text{--}58.97\%$,在此范围内,由恒温精度引起的冰面过饱和度平均误差为 $0.22\%\text{--}0.29\%$ 。

5.2 由恒温控制系统的稳定度引起的误差

影响云室恒温稳定度的因素基本上可归结为以下几点:(1)由控温电路所用元器件引起的不稳定;(2)由热交换冷媒的温度变化引起的不稳定;(3)由冷环境设备的不恒温引起的不稳定。尽管这3种不稳定因素从理论上讲可以由电路的自动调节而消除,但实际上仍存在着轻度的综合性漂移现象。对云室上下板分别在不同温度下所实测的结果为:下板平均漂移约为 $0.022^\circ\text{C}/\text{h}$,上板平均漂移为 $0.025^\circ\text{C}/\text{h}$,且上下两板都是向温度升高方向漂移,而云室过饱和度值主要取决于两板的温度差,加之实际做冰核活化处理时,每次仅需 $30\text{--}40\text{min}$ 。因此,与其它误差相比,由这种缓慢漂移造成的对冰核活化条件的影响可以忽略不计。

5.3 由测温电路引起的过饱和度误差

需要说明的是,由于本机使用的是 $3\frac{1}{2}$ 数字面板表,位数低,所以显示不出真正的恒温控制精度。另外,通过标定,在 $0.0\text{--}40^\circ\text{C}$ 范围内有 -0.1°C 的订正值,在具体计算时需将此订正值考虑进去。长时间使用表明,测温电路工作稳定,除须考虑订正外,其工作对

过饱和度的影响也可忽略不计。

5.4 空气流量计的读数误差

在大气冰核滤膜取样器中,使用了国产的转子空气流量计。它的可测范围为 0.0—0.6m³/h,具体流量可从刻度上读出。但此种流量计读数刻度划分较粗,最小分度为 0.02m³/h,即 0.33L/min。由于真空泵是振动隔膜式,尽管在其前面加了一级缓冲,流量大时,转子仍有上下浮动的不稳定现象,只能根据浮动的程度对读数加以修正。

5.5 显现处理时的操作误差

在处理滤膜进行显现的整个操作过程中,将云室打开、更换滤膜和关闭是必不可少的程序。使用表明,由此造成的温度波动比以上讨论的各种误差均大得多。尤其是活化温度与环境温度相差较大时,上下板温度波动有时能达到 0.5℃。如果不使用水汽隔板,将对冰核活化条件产生很大的不确定性。所以,在操作程序上应当在粘好滤膜后,一定将水汽隔板先推进去,然后再盖上云室上板,待温度回到原恒温值稳定后再拉出来。这样,在先截断了冰晶增长的水汽源的情况下,云室温度的重新稳定过程不会影响到冰核活化。待活化完成后,也要先推入水汽隔板,使冰晶与环境隔开后再打开云室上板,防止冰晶的急剧增长或升华,便于计数。

5.6 冰晶计数误差

做高浓度冰核测量时,若冰核在滤膜上的分布均匀,要将整个取样面内的冰晶全部目测下来比较困难。此时,可利用水汽隔板上的方格作某一面积的计数(也可照像,见图 8),然后换算出实际气样的冰核浓度。但自然大气冰核在滤膜上的分布并不均匀,为得到可靠的计数,最好使用照像的办法,先取下资料,留待以后读数,以避免目视估计带来的误差。因此,取样体积尽量控制到能做全膜计数的程度为好,一般每片滤膜取 30L 气样比较适中,但也要视情况而定。

6 结 语

(1)通过用人工 AgI 冰核气溶胶对静力扩散云室初步鉴定和对自然大气冰核浓度的初步观测表明,它可以用滤膜显现法实现对人工冰核和大气冰核浓度的定量测量。

(2)可以将大气冰核滤膜取样器带至外场取样,而后在扩散云室中做集中显现处理,具有实用方便的特点

(3)利用该云室可精确控制温度的功能,可对冰核凝华活化机制、冰晶增长规律进行研究(云室中能否模拟凝结-冻结活化机制,有待于进一步试验)。

(4)大气冰核滤膜取样器经地面使用表明,取样时间能被精确控制,噪音小,使用方便。若结合飞机实际情况和空中取样特点,对其作某些改动,可实现机载取样。

(5)滤膜显现法测定冰核有其内在缺点,如不能对接触核化机制进行分析、有容积效应等。但该设备为以后的改进,使其具有多用性奠定了基础。

致谢:研制中得到鄞大雄研究员、章澄昌教授、黄文娟老师的指导和国家气象局科教司、中国气象科学院科管处的大力支持,谨此致谢。

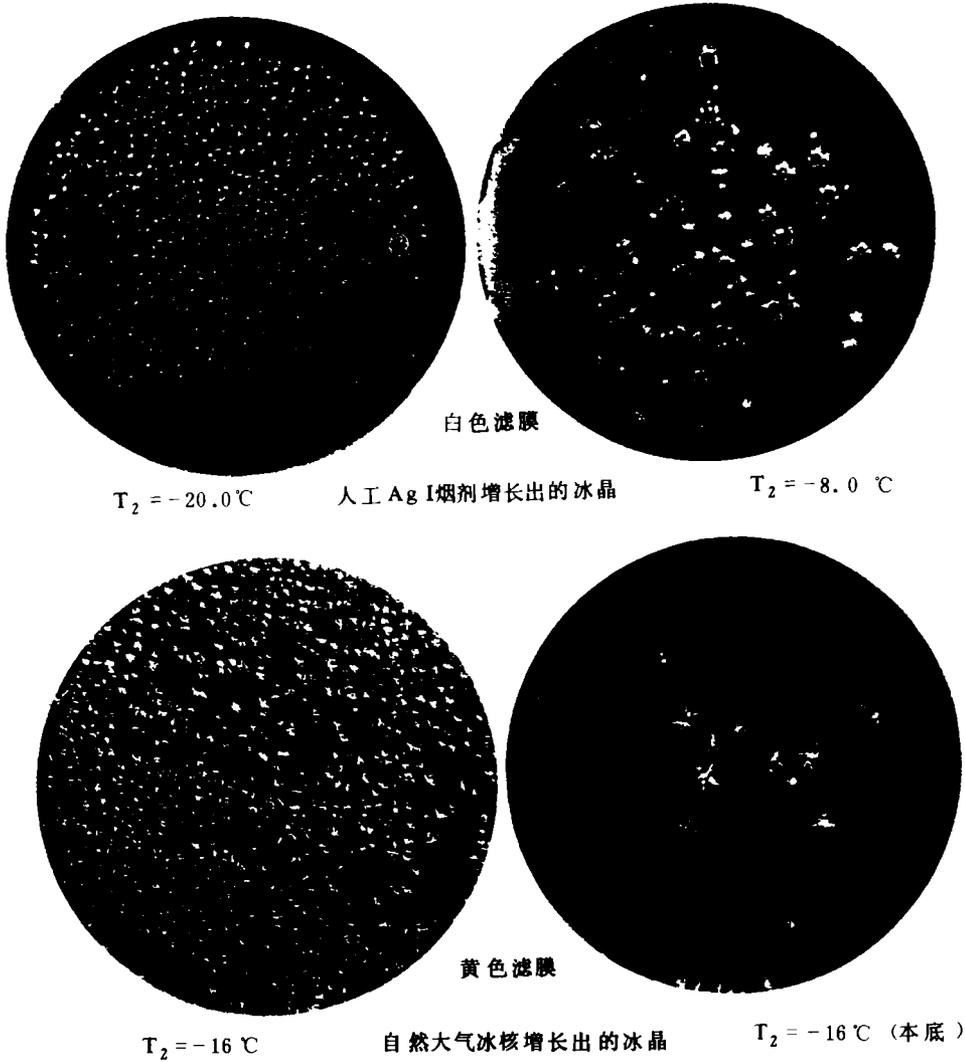


图 8 用静力扩散云室显现的冰核

参考文献

[1] Gozland Lala(熊光莹译). 冰核检测仪器. 中央气象局科学技术情报所编气象专集《云物理与人工影响天气》, 1977, 215—220.

[2] 章澄昌. 静力扩散云室中用滤膜测定自然冰核活化数的过饱和谱和温度谱. 南京气象学院学报, 1987, 10(1): 1—7.

[3] Bigg E K. The measurement of ice nucleus concentration by means of millipore filter. J appl Meteor, 1963, 2: 266—269.

[4] Mossop S C and Thorndike N S C. The use of membrane filters in measurement of ice nuclei. concentration 1. Effect of sampled air volume. J appl Meteor, 1966, 5: 474—480.

[5] Gagin A and Aroyo N. A thermal diffusion chamber for the measurement of ice nuclei concentrations. J De Rech

Atomos, 1969, 4: 115—122.

- [6] 何知朱主编. 新型热控材料器件及应用. 宇航出版社, 1988, 11.
- [7] 常玉燕, 吕光译. 日本电子电路精选. 电子工业出版社, 1989, 12.
- [8] 王德云编. 分析仪器电子技术. 机械工业出版社, 1984, 3.
- [9] Saunders C P R and Al-Juboory S(杨绍忠译). 一种滤膜取样冰核处理云室. 气象科技, 1989, 2: 62—64.
- [10] 游来光, 石安英. 北京地区 1963 年春季冰核浓度变化特点的观测研究. 气象学报. 1964, 34(4): 548—554.

A STATIC DIFFUSION CHAMBER FOR DETECTING ATMOSPHERIC ICE NUCLEI BY USING FILTER TECHNIQUE

Yang Shaozhong Ma Peimin You Laiguang

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing, 100081)

Abstract

An improved diffusion chamber using filter technique has been developed for detecting atmospheric ice nuclei. A movable partition board between the chamber top and bottom plate is designed in order to cut off the vapor source before and after the filter samples being produced. By using a relative stable AgI aerosol source, the examination tests of the chamber responding to ice nuclei concentration have been conducted with various sampling volume filters and under different temperatures. The ice nuclei concentrations have been measured using this equipment and the average daily variation in wintertime at northwestern suburb of Beijing has been given. All these results show that the diffusion chamber will be useful for the study of cloud and precipitation physics.

Key words: Diffusion chamber, Filter, Ice nuclei.