

液氮成冰效率的小云室试验

王美玲 任婕 韩光 曹学成

(北京市人工影响天气办公室 100081)

俞香仁 姚扬苑

黄世鸿 李如祥

(庐山云雾站)

(南京大学大气科学系)

提 要

该文对液氮成冰效率作了小云室实验介绍。小云室实验中直径1mm的液氮成冰率达到 10^{13} 量级。

关键词: 液氮 成冰效率 云室

前 言

通常要求催化剂有较高的成核率,同时还希望催化剂安全、易播,价格便宜。目前常用的催化剂中,碘化银成本较高,干冰播撒、贮存很不方便,而液氮则克服了如上的不足。液氮沸点温度为 -195.5°C ,播入冷云中与饱和湿空气和云滴混合可产生大量冰胚与冰晶。因此,液氮作为人工催化冷云的催化剂供飞机作业是可取的。苏联曾进行过液氮播撒试验,详细情况未见发表。1990年夏季在北京人工降雨作业中首次试用液氮取得了良好效果,1991年和1992年还在江西庐山进行了过冷雾地面试验。其后,又和南京大学、庐山云雾站合作,对液氮的成冰效率进行了室内测定。以下仅就室内测量方法和结果进行介绍。

1 试验装置和方法

试验使用的云室有效容积为370升,室高85cm,温度空间分布比较均匀($\Delta t=1^{\circ}\text{C}$)。温度传感器和超声波雾滴导管通过云室一侧开设的小孔进入云室,用以控制云室温度并导入雾滴。其顶部开有一个 $10\times 20\text{cm}^2$ 矩形窗,平时由硬塑料封闭,通雾后由此窗滴入液

氮。

进入云室的雾滴直径为 $2.0\sim 15.0\mu\text{m}$,众数直径为 $6\mu\text{m}$ 。云室内空气含水量由通雾时间控制,试验时含水量为 $0.15\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

滴入过冷雾中的液氮滴的大小(质量)通过下述方法实现:用微型滴管滴入,并实施同步拍照,然后测量所摄液氮滴的大小。测量结果表明:产生的液氮滴大小较均匀,直径为3mm,相应的质量为 0.011g (液氮的密度为 $0.8\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)。图1为同步拍照得到的液氮滴



图1 同步拍照得到的液氮滴下落尺度

照片。

云室产生的冰晶通过如下方法采集：涂有 Formvar 溶液的载玻片置于一高压锅底部，高压锅盖上的气嘴通过导管与针筒连接。液氮滴入后，稍候片刻，待冰晶扩散均匀，开始取样。高压锅盖上开设一个直径为 0.8cm 的小孔，用针筒抽取 20ml 的空气，使样品从小孔进入高压锅内。取样前后应以木塞封闭小孔。高压锅内冰晶通过增长沉降到 Form-

var 溶液中，24 小时后再取出进行显微计数。依此，根据所测冰晶数、高压锅内径、云室容积以及液氮用量计算成冰率。

Formvar 溶液是以粉状 Formvar 溶于氯仿配制而成（重量比为 1 : 100），保存在过冷环境中备用。用 Formvar 采集冰晶能清晰地显示冰晶的大小和形状；同时印模也易保存。图 2 为试验中得到的 3 种冰晶样品。

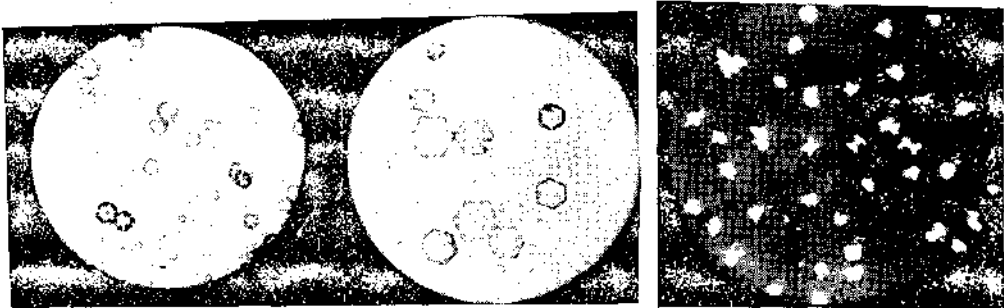


图 2 Formvar 剂检测到的 3 种冰晶样品

2 结果

设定在不同温度条件下，做滴入一滴（0.011g）和同时滴入两滴（0.022g）液氮成冰率试验（见表 1）。

表 1 液氮成冰率（含水量 $w=0.15\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ）

温度/℃	成冰率/个· $\text{g}^{-1}\times 10^{12}$	
	均值	测试范围
-2	26	8.1—49.1
-4	8.8	1.0—22.4
-6	13.2	1.8—24.1
-8	16.2	12.2—19.1
-12	16.3	9.1—23.2
-16	21.2	15.1—25.3

可见，所有各次试验测得的液氮成冰率均值在 10^{11} — 10^{12} 之间；最小值与最大值仅差 3 倍，而最小值（ 8.8×10^{11} ）接近于 10^{12} 。此外，38 次成冰率测量值的分布为：大于 10^{12}

者有 22 次，占 58%；大于 5×10^{11} 者有 8 次，占 21%；另有 8 次小于 5×10^{11} ，仅占 21%。因此，作为液氮成冰率的合理量为 10^{12} 。

液氮与碘化银不同，在所有“负温饱和”的环境下可显示良好的成冰效果。还可看到各温度下的成冰率随温度有变化，但并不显著。

为讨论不同液氮用量对成冰率的影响，以一滴（0.011g）和二滴（0.022g）滴入云室过冷雾中进行试验，结果列于表 2。由表中可知，在一定体积、一定饱和度时，各种温度条件下液氮用量增加一倍时，其成冰率的增减无明显规律。

试验中还发现，直径 3mm 的液氮滴在温度为 18℃ 的未饱和空气中下落 2m 以上仍未完全气化，进入云室的液氮滴不一定完全用于成冰。因此，表 1 中的成冰率可能低估。为观察这种滴对成冰率的影响，我们对小直

径的液氮滴(直径 1mm)进行了试验。10 次试验的成冰率接近或达到了 10^{13} 量级(见表 3)。

表 2 不同用量液氮成冰率/个, $g^{-1} \times 10^{11}$ ($w = 0.15g \cdot m^{-3}$)

温度/°C	液氮量/ $0.011 \cdot g^{-1}$	液氮量/ $0.022 \cdot g^{-1}$
-2	15.0	49.0
-4	8.8	10.7
-6	24.0	15.0
-8	16.0	16.0
-12	23.0	13.0
-16	22.0	49.0

表 3 直径 1mm 液氮滴的成冰率($w = 0.15g \cdot m^{-3}$)

温度/°C	成冰率/个, $g^{-1} \times 10^{12}$	
	均值	测试范围
-4	9.61	9.06—10.16
-6	18.38	11.95—24.8
-8	12.69	7.5—18.69
-10	14.45	
-12	17.34	

综上所述,液氮滴的成冰率约为 10^{12} 个。

g^{-1} , 高于干冰, 且随环境温度差异的变化不明显; 液氮在影响同质核化成冰过程中起着主要作用。

3 讨论

对于相同环境下, 液氮滴缩小至 1mm 的成冰率比 3mm 液氮滴成冰率高出一个量级, 是否因为去除了部分未汽化液氮滴而造成的, 由于 1mm 液氮滴试验次数较少, 有待今后验证。在液氮滴形成的冰晶中, 不透明核心的冰晶数低于冰晶总数的 5%, 1/3 的冰晶没有明显的生长核心, 1/3 的冰晶具有规则核心, 似乎液氮滴影响下形成的冰晶通过凝华和冻结两种过程产生。

参考资料

- 1 胡志晋, 苏联人工影响天气近况——访苏笔记, 气象科技, 1990 年第 2 期。
- 2 赵柏林, 冰晶生成的机制和干冰球的蒸发, 气象学报, 1964 年第 1 期, 87—93。
- 3 N. FUKUTA etc. Experimental Determination of Ice Nucleation by Falling Dry Ice Pellets, J. Appl. Meteor., 1971, Vol 10, No. 6, 1174—1179.

Test on the Ice Nucleation of Liquid Nitrogen in a Small Cloud Chamber

Wang Meiling Ren Jie Han Guang Cao Xuecheng

(Beijing Municipality Weather Modification Office 100081)

Yu Xiangren Yao Yangyuan

(Lushan Cloud and Fog Station)

Huang Shihong Li Ruxiang

(The Department of Atmospheric Science, Nanjing University)

Abstract

The number of ice crystals generated from 1g liquid Nitrogen was determined in a cloud chamber. The average is $10^{12} \cdot g^{-1}$. It is nothing with air temperature that liquid Nitrogen can generate ice crystals.

Key Word: liquid nitrogen ice nucleation cloud chamber