

冻滴、霰微物理观测及其分析*

郭 恩 铭

(国家气象局气象科学研究所)

冻滴、霰是两种微物理结构不同的粒状固态降水物。它们在积状云、层状云降水中起着重要作用。根据国内外云物理研究者应用冰雹切片方法取得的结果表明,冻滴、霰是构成多层次冰雹的胚胎^[1-6]。冻滴、霰也常是发展强大的对流云和系统的层状云降水过程中经常观测到的降水粒子。因而研究它们的微物理结构,对于探讨降水元,冰雹成因和准确的识别降水现象都具有一定意义。

我们在人工影响对流云降水试验中,每当飞机在积雨云云砧下飞行时,曾多次观测到有冻滴、霰降落在飞机窗上,它们的直径是 1—3 毫米。作者在观测分析冰雹结构的研究中也证实了冻滴、霰是冰雹的胚胎,并给出了各自成胚胎的数值^[7]。对层状云降水过程中产生的冻滴和霰也进行了分析。但由于观测数量较少,取得的资料还不够完整,只是有了初步认识^[7]。为了进一步研究冻滴、霰的微物理结构,在北京、庐山、汉口三个地点对层状云降水物继续进行观测。观测方法是直接用标尺测量落地的冻滴、霰的大小,用显微摄影技术辨别它们的各种形状,得到一些微结构资料,并进行分析。

1. 冻滴微结构和形状

我们观测的冻滴是冻结的雨滴。它们是从雨层云中降落到云底部低温区时开始冻结而降落到地面的降水粒子如图 1。

从图 1 中看到它们多数是透明的冰粒,也有些外壳已冻结成明冰,其内部仍是液态水,它在降落过程中还未全部冻结成冰粒。这样一些冻滴降落到地面时,有的摔破成两个

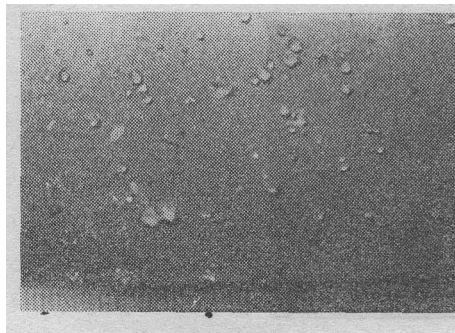


图 1 冻滴
(1981 年 1 月 2 日)

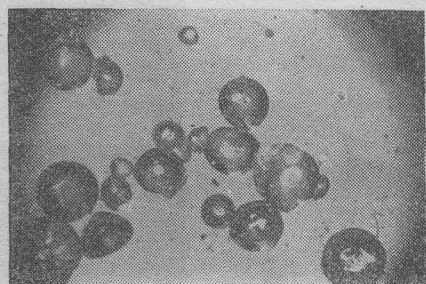


图 2 冻滴和冻滴空壳
(1981 年 1 月 27 日)

* 本文于 1981 年 6 月 1 日收到, 1981 年 12 月 8 日收到修改稿。

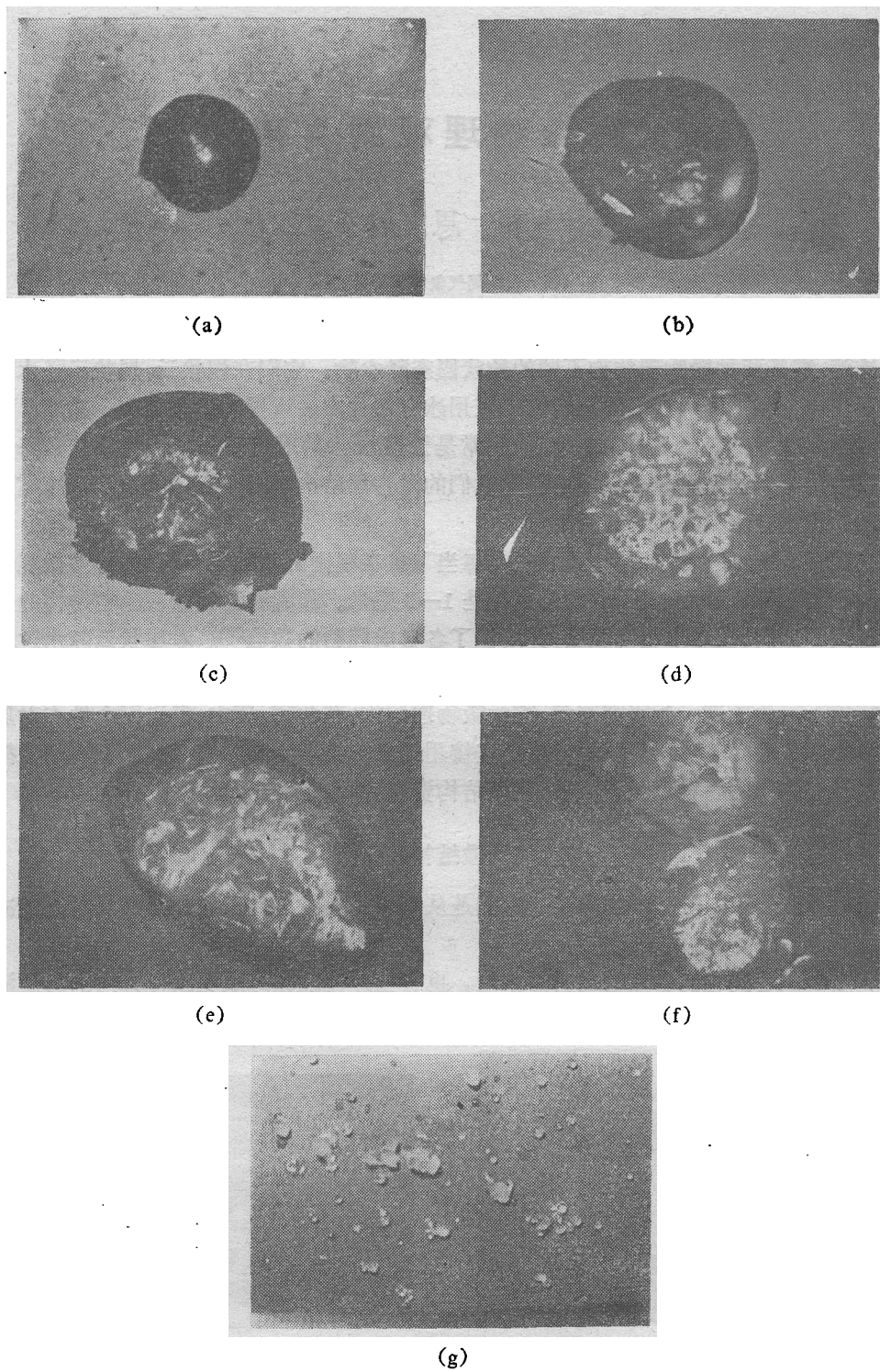


图 3 冻滴的各种形状

(a) 圆球形, (b) 栗形, (c) 桃形, (d) 梨形, (e) 椭圆形, (f) 冻滴有凸起现象, (g) 多边形

空壳见图 2。也有的落地后破碎成数个冰片。除此之外还观测到从圆球状冻滴表面裂缝中流出的液态水冻结凸起现象和冻滴表面有须状。

在图 1 中还可以看到几个冻滴在降落途中互相撞冻在一起成为一个大的透明冻滴。这个观测事实对进一步研究大雨滴相互碰并是有意义的。

冻滴的形状是多种多样的。我们将冻滴放在显微镜下放大 8 倍时，能够较清楚看出它们的不同形状和尺度。如圆球形、栗形、桃形、梨形、椭球形和多边形见图 3。

为了研究冻滴的各种形状占有的百分比值，我们分析了 390 个冻滴，将其分为四类。如圆球形(包括栗形)，椭球形(包括桃形、梨形)、凸起形和多边形，其比值见表 1。

表 1 冻滴分类

形 状	圆球形(包括栗形)	椭球形 (包括桃梨形)	凸 起 形	多 边 形
个 数	218	131	19	22
百 分 比	55.9	33.6	4.9	5.6

从表 1 中已看出圆球形占百分比较大，多边形占有百分比较小，最小的是带有凸起形的冻滴。

2. 冻 滴 谱 分 布

冻滴尺度测量有两种方法，圆球形只测量直径大小，其它不同形状从宏观外形都近似球形，所以就测量其平均直径的大小，绘制成冻滴谱的分布如图 4。从图 4 可看出两次降水过程中观测的冻滴谱分布略有差异。1 月 21 日冻滴谱型较宽，大冻滴较多。1 月 24 日冻滴多数在 1 毫米左右，大冻滴较少。但两次冻滴谱峰值都出现在 1 毫米。

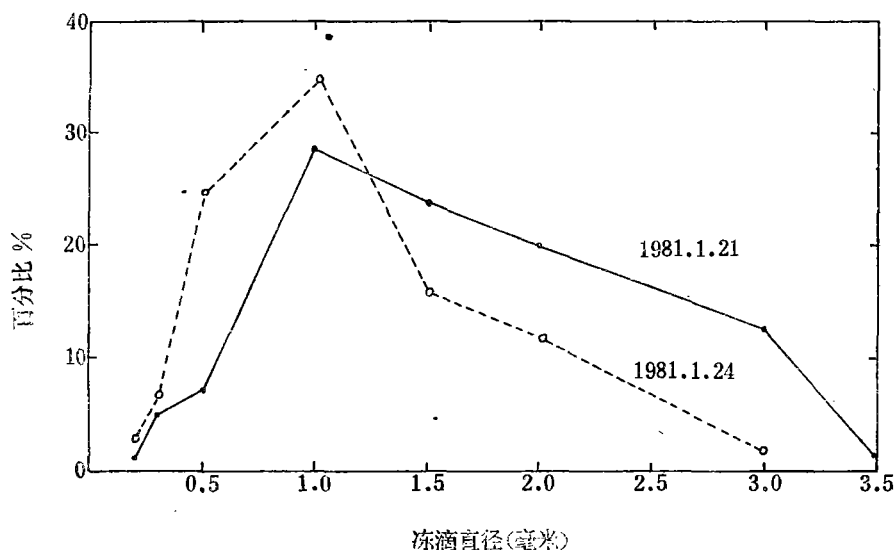


图 4 冻滴谱分布

3. 霰微结构和形状

霰是白色不透明(海绵状)较小团粒。它的结构比较复杂。从各地观测的霰粒是从雨层云中降落到地面的。在显微镜下放大5倍时可看出霰粒是以立体枝状雪晶为核心,在云中淞附着大量过冷云滴,经过多次反复累积,云滴之间夹有气泡冻结而成的。它的形状很不规则,有近似圆形、枣形、圆锥形见图5。

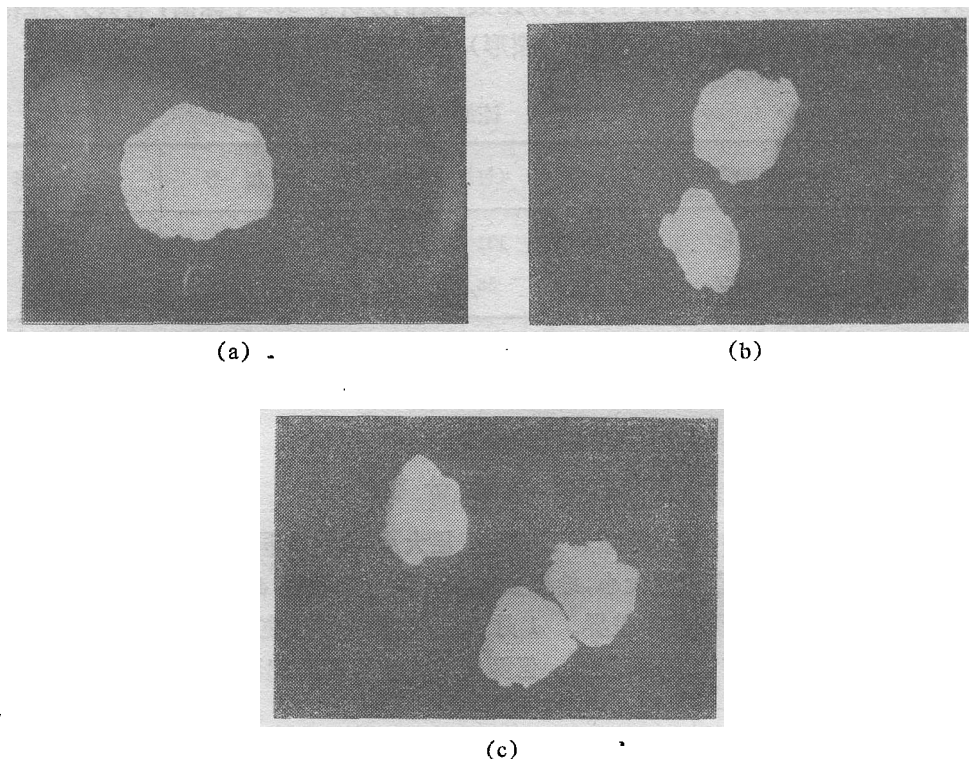


图5 霰粒形状
(a 近似圆形, b 枣形, c 圆锥形)

从图5a中看到近似圆形的霰粒,在显微镜下可看出它是由许多过冷云滴淞附冻结而成的。枣形霰粒是一种表面凸起很不均匀,结构松软不透明的白色团粒。锥形也是淞附着大量云滴冻结而成白色不透明的霰粒。

4. 霰 谱 分 布

霰粒形状也是多样的。但从宏观单个粒子也都近似团粒,选其平均长度做为直径大小。现将1980年3月10日在北京观测的资料和1981年1月27日在汉口观测霰粒资料绘制霰谱分布(图6)。图6中1980年3月10日霰谱峰值是1.5毫米,霰的尺度比较大些。1981年1月27日观测资料表明0.5—1.0毫米霰粒较多,大的霰粒较少。这两次观测的霰粒谱型不同,可能是云中温度、含水量、垂直气流以及降水发展阶段不同所致。

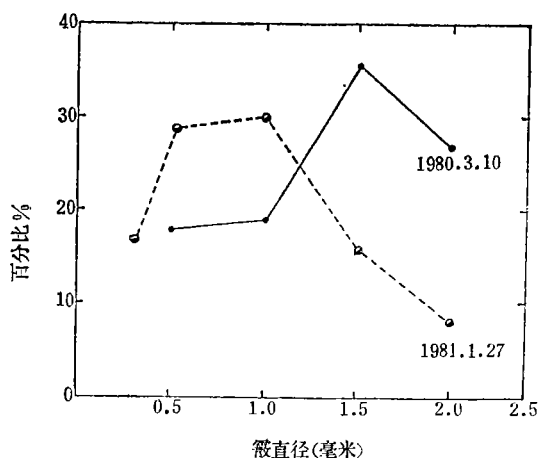


图 6 霰谱分布

5. 结 束 语

本文中观测的冻滴、霰微物理结构只是层状云中固态降水的特征。冻滴是从雨层云中降落的。1月21日一次观测,当时地面气温是 -4.6°C 。从探空资料分析中得到的温度分布表明大气中有一较厚的逆温层,其厚度近1500米。云中雪晶在降落的过程中,通过逆温区融化成水滴,当达到 0°C 以下低温区又冻结成冻滴而后落地。

在圆球形冻滴表面,我们观测到有凸起和冰须现象。观测事实表明,它是冻结后雨滴涨开的裂缝流出的液态水冻结而成的。

霰的形状是多样的。据观测资料分析立体枝状和六角形板状冰晶是它的核心。霰的增长过程是立体枝状雪晶随气流在云中运动,淞附着大量云滴,霰粒不均匀长大,重量增加,较重的一端向下,逐渐形成上窄下宽的立体锥形。柱状雪晶在云中随气流进行着不规则运动,也淞附着大量云滴,逐渐形成了不透明枣形霰粒。云中也有冻滴,它也在云中随气流而滚动,比较均匀的淞附着大量云滴而形成圆形霰粒。从观测资料分析得出:霰的形成中,云滴淞附起着重要作用。

参 考 文 献

- [1] List, R, Growth and structure of graupel and hailstones, Physics of Precipitation, Geophys. Monogra. N 5 (1960).
- [2] Charles, A, Knight and Nancy, c. Knight, Hail embryo studies, international conference on cloud physics, july 26—30, 1976.
- [3] B. J. 梅森著, 云物理学, 科学出版社, 1979.
- [4] 徐家骥编著, 冰雹微物理与成雹机制, 农业出版社, 1979.
- [5] 黄美元、王昂生等, 人工防雹导论, 科学出版社, 1980.
- [6] 雷雨顺等, 冰雹概论, 科学出版社, 1978.
- [7] 郭恩铭, 人工影响对流云降水研究, 科学出版社, 1981.