

# 一次冷涡过程降水的微物理机制分析\*

陈文选 王 俊 刘 文

(山东省气象科学研究所, 济南 250031)

## 提 要

该文分析了一次冷涡天气过程中云微物理量的分布特征、降水粒子的增长机制及云下雨滴的蒸发效应。主要结果为:云系由低层暖性 Sc 云和冷性主体 As 云组成。As 云底高 2 km, 云顶高大于 5 km, 云中存在比较大的过冷水区,  $-11.2^{\circ}\text{C}$  时的过冷水含量  $0.21\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ , 但过冷水的含量分布极不均匀, 大于  $0.05\text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$  的过冷水区连续分布的宽度 87% 小于 2.4 km, 不利于云中冰晶的连续淞附增长; 同时云下雨滴的蒸发效应大, 直径小于 1.0 mm 的雨滴难以落到地面, 因此本次过程只产生弱的降水。

关键词: 微物理 增长机制 过冷水

## 引 言

对自然降水过程的深入了解, 是人工影响天气取得成功的关键。山东省在实施飞机人工增雨外场作业的同时, 租用机载 PMS 粒子测量系统, 对降水性层状云系的微物理结构进行了探测, 并对不同天气系统中的微物理量进行了初步分析。本文综合分析了一次冷涡天气过程降水的微物理量的分布特征, 特别是过冷水的分布特征, 以及降水粒子的增长机制和云下雨滴蒸发对降水量的影响。

## 1 天气特征

1989年10月10日08:00(北京时,下同)500 hPa 天气图上, 蒙古东部有一冷涡, 其后部的高压脊向东北方向伸展, 冷涡向东南方向移动, 移速约 40 km/h。山东处于槽前, 山东半岛受西南气流控制。700 hPa 天气图表明山东水汽条件较差, 温度露点差大于  $5^{\circ}\text{C}$ 。地图图上全省位于冷锋前暖区。这次过程冷涡比较偏北, 只在山东北部潍坊附近降了小雨。

## 2 飞行概况

飞机 15:25 从潍坊机场起飞, 绕机场一周后 15:41 升至最大高度 4805 m, 然后缓

\* 山东省教委自然科学基金课题资助。  
1997-12-11 收到, 1998-07-29 收到修改稿。

慢下降至 4100 m 左右,水平飞行至 16:14 下降着陆,历时 1 h 04 min(图略).

### 3 云系的宏微观结构

飞机起飞前雷达探测表明:回波最高顶高为 7 km,机场上空为 Sc 云,云量 9.2 km 以上为 As 云.

#### 3.1 云微物理量的垂直分布

(1)图 1 是飞机上升时段由 FSSP 探测到的云滴浓度( $N$ )、平均直径( $d_1$ )、云含水量( $Lwc$ )的垂直分布.2 km 以下高度: $N$  基本小于  $6 \text{ cm}^{-3}$ 、 $d_1 < 8 \mu\text{m}$ 、 $Lwc$  随高度增高有所增大,但基本小于  $2.0 \times 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,表明 Sc 云相当松散,水汽条件较差.飞机上的宏观记录也表明,2 km 时仍能见地面.

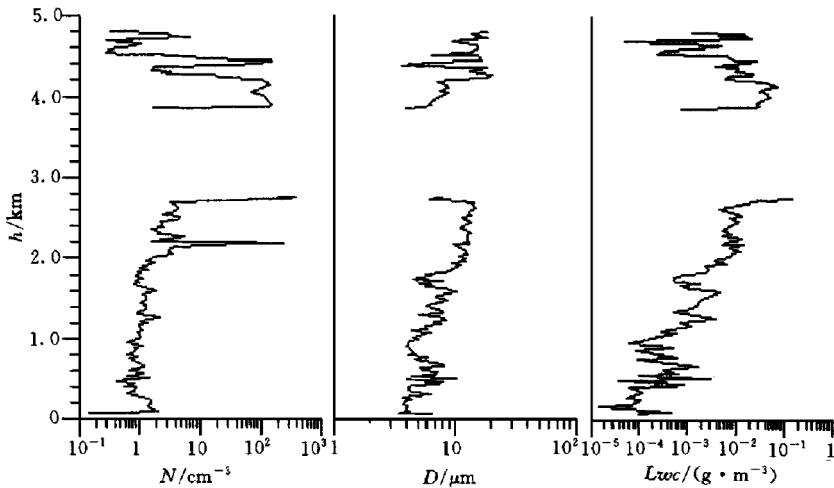


图 1 飞机上升时段 FSSP 探测的云滴浓度、直径、含水量的垂直分布

主体 As 云下部,云系仍很松散,但云中存在厚度小于 100 m 的  $N$ 、 $Lwc$  高值区.如 2750~2769 m, $N$  大于  $100 \text{ cm}^{-3}$ ,最大为  $370 \text{ cm}^{-3}$ , $Lwc$  最大为  $0.14473 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ . 2769~3681 m,FSSP 资料缺失.

As 云的中上部(3681~4805 m),云微物理量  $N$ 、 $d_1$ 、 $Lwc$  为多峰分布,量值变化幅度比较大,总的变化趋势: $N$ 、 $Lwc$  随高度增加而减小, $d_1$  随高度增加略有增加. $N$  的变化范围在  $0.1 \sim 100 \text{ cm}^{-3}$  之间,最大  $168 \text{ cm}^{-3}$ ,表明 As 云中上部云系分布也不均匀,存在无云区( $N < 10 \text{ cm}^{-3}$ ),在 4320 m( $-14^\circ\text{C}$ )以上高度,未出现  $N > 100 \text{ cm}^{-3}$  的云滴高浓度. $d_1$  与  $N$  有较好的反相关性,云滴浓度较大(特别是  $> 100 \text{ cm}^{-3}$ )时, $d_1$  较小( $< 10 \mu\text{m}$ ),低浓度则对应较大的  $d_1$ ,这可能是冰水转化活跃区. $N$  高值, $d_1$  小表明过冷云水未充分转化; $N$  低值, $d_1$  大可能已有云晶形成.

图 2 是 2D-P 探头探测的降水粒子的垂直分布.2550 m( $0^\circ\text{C}$ 层)以下,粒子为液滴,含

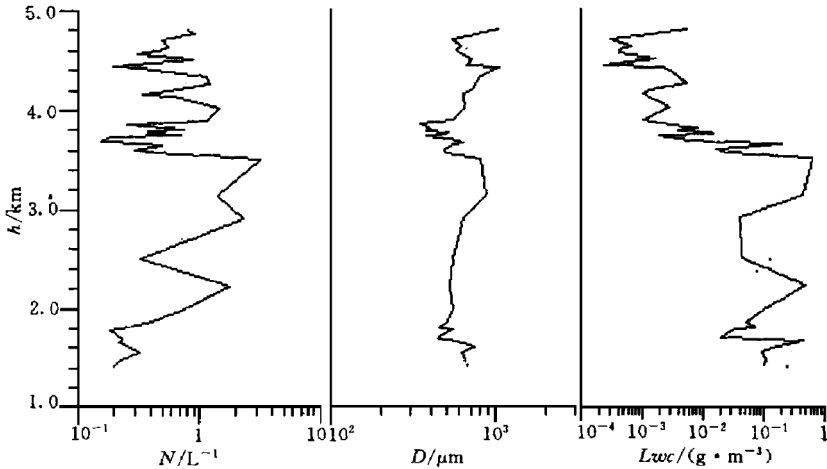


图2 飞机上升时段2D-P探测的粒子浓度、直径、含水量的垂直分布

水量在  $0.1 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  左右变化, 粒子浓度总的趋势是增加的, 直径是先减小后增大.  $0^\circ\text{C}$  层以上高度, 粒子为固态雪晶. As 云中下部, 雪晶浓度随高度增加逐渐增大, 在 3500 m 附近最大为  $3.335 \text{ L}^{-1}$ , 往上浓度有所减小, 但基本在  $0.5 \text{ L}^{-1}$  附近变化.  $0^\circ\text{C}$  层以上的固态含水量  $Lwc$  是根据不同的雪晶形状, 采用不同的公式<sup>[1]</sup>计算得到的, 固态含水量在 As 云的中下部比较大 ( $10^{-1}$  量级), 在云的上部迅速减小, 相差近两个量级.

(2) 降落时云微物理量变化范围比较大(图略), 主要特征是 Sc 云变薄, 仅在 1000~1500 m 间有一层松散的云. As 云底升高至 2500 m,  $0^\circ\text{C}$  层降低至 2070 m. As 云中的云微物理量仍呈多峰分布, 3200 m 和 3800 m 附近,  $N$ 、 $d_1$ 、 $Lwc$  分别小于  $0.1 \text{ cm}^{-3}$ 、 $5 \mu\text{m}$ 、 $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 厚度 100~200 m. 表明云系处于减弱消散阶段.

降落时 2D-P 的垂直分布特征: 4000 m 附近浓度为极值, 随高度降低浓度基本是减小的, 直径在 500~1000  $\mu\text{m}$  之间, 固态含水量在  $10^{-1}$ ~ $10^{-3} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  之间.

### 3.2 云微物理量的水平分布

(1) 由于不同形状的粒子反映了粒子的不同增长机制和增长条件, 为了研究雪晶的增长过程, 分析了本次过程的 2D-P 粒子的二维图像, 结果表明: 霰粒和类霰粒子出现的频率为 51.3%, 侧片出现的频率为 19.2%, 小雪粒出现的频率为 25.7%, 雪团出现的频率为 3.7%. 根据图像判断, 雪晶的增长以淞附增长为主, 雪晶对冰晶碰并的机率很小.

(2) 飞机在 4350 m ( $-14.5^\circ\text{C}$ , 飞行 2 min 36 s) 和 4000 m ( $-12.0^\circ\text{C}$ , 飞行 23 min 42 s) 附近两次平飞探测结果:

图 3 是 4350 m 高度上的云滴浓度、平均直径的水平分布. 图 3 表明层状云中微物理量的分布也是不均匀的. 浓度、直径平均为  $67 \text{ cm}^{-3}$ 、 $8.2 \mu\text{m}$ . 大于 10、100  $\text{cm}^{-3}$  的粒子浓度各占 84.2% 和 29.5%, 最大浓度为  $164 \text{ cm}^{-3}$ .  $Lwc$  平均为  $2.445 \times 10^{-2} \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 最大为  $0.1352 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 大于  $0.05 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  的含水量出现频率为 12.8%. 云滴浓度和平均直径有较好的反相关. 雪晶浓度在  $70 \sim 1500 \text{ m}^{-3}$ , 平均  $700 \text{ m}^{-3}$ . 直径以小于  $750 \mu\text{m}$  为主, 平均  $517.6 \mu\text{m}$ . 雪晶以霰粒为主, 占 58.4%; 偶有雪团. 由此可见, 这一层云水含量比较

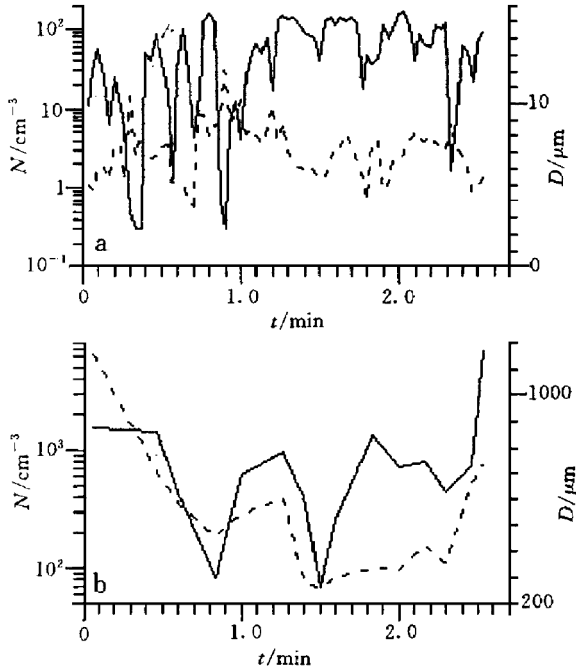


图 3 高度 4350 m、温度  $-14.5^{\circ}\text{C}$  时云微物理量的水平分布(飞行速度为  $7.2\text{ km/min}$ )

(a) 云滴浓度(实线)和直径(虚线) (b) 雪晶浓度(实线)和直径(虚线)

丰富,有利于雪晶由淞附增长形成霰粒子.

4000 m 层与 4350 m 层情况相似,云滴浓度大,过冷水丰富,雪晶以霰粒子为主,直径较小.

### 3.3 粒子谱分布

研究云中粒子尺度谱的形成、演变及其相互转化的规律,是云物理学的主要任务之一.亦是判断催化效果的重要依据.

(1)图 4(a)是不同高度上的云滴尺度谱.谱 1 是 1218 m 处的粒子谱,特点是谱窄,数密度低,大于  $11\ \mu\text{m}$  滴的数密度为  $10^4\text{ m}^{-3}\cdot\mu\text{m}^{-1}$  量级;谱 2 是刚进入 As 云的粒子谱,尺度谱拓宽至  $32\ \mu\text{m}$ ,粒子仍以小滴为主,大于  $11\ \mu\text{m}$  粒子的数密度明显增大;谱 3 是 2764 m ( $-2^{\circ}\text{C}$ ) 处的过冷水滴谱、谱宽至  $47\ \mu\text{m}$ ,小于  $32\ \mu\text{m}$  的粒子可用  $\Gamma$  函数拟合,  $40\ \mu\text{m}$  附近的粒子数密度有增大的趋势,可能是存在小冰晶的原因;谱 4 是 4150 m ( $-11.5^{\circ}\text{C}$ ) 处的粒子尺度谱,数密度大,尺度小,可用  $\Gamma$  函数拟合,这是以小粒子为主的过冷水滴谱;谱 5 是 4769 m ( $-16.6^{\circ}\text{C}$ ) 处的粒子谱,与 2、3、4 谱相比,小于  $20\ \mu\text{m}$  的粒子的数密度为  $10^6\text{ m}^{-3}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ ,比 As 云中中和上部低 1~2 个量级,而大于  $20\ \mu\text{m}$  的粒子的数密度却高出 1~2 个量级,且在  $20\ \mu\text{m}$  处存在第二峰值,这可能是小过冷云滴和小冰晶共存谱.

图 4b 是不同高度上的雪晶谱. 1、2、3 谱分别是 4776 m ( $-16.5^{\circ}\text{C}$ )、4160 m ( $-11.7^{\circ}\text{C}$ )、2596 m ( $-0.3^{\circ}\text{C}$ ) 处的雪晶谱. 随着高度的降低,谱宽逐渐增大,由  $3600\ \mu\text{m}$  增大到  $4800\ \mu\text{m}$ ,谱宽平均增长率为  $0.5505\ \mu\text{m}\cdot\text{m}^{-1}$ .

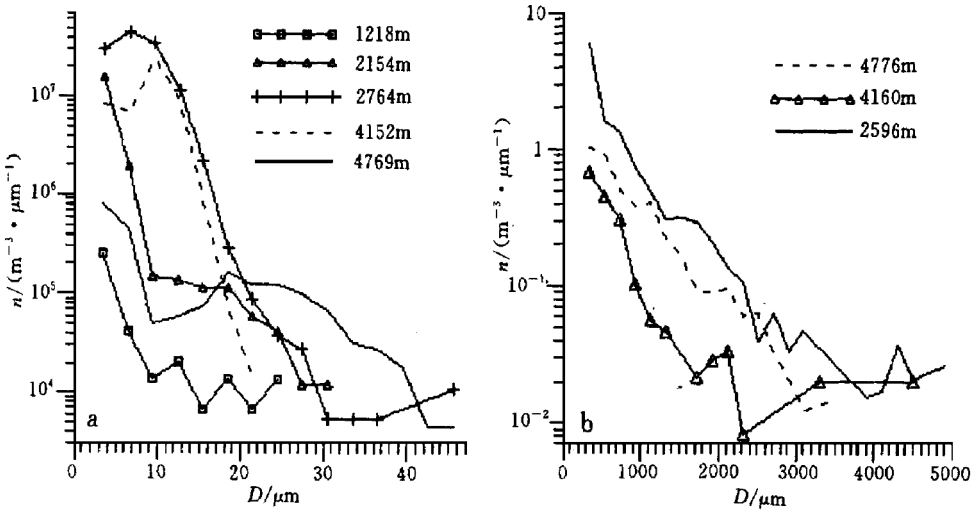


图4 不同高度上的粒子尺度谱 (a)云滴谱 (b)雪晶谱

(2)文献[2]利用二阶 $\Gamma$ 函数对浓度大于 $100\text{ cm}^{-3}$ 的云粒子进行谱拟合,任取102份资料,拟合的结果是,相关系数 $r > 0.95$ 的占77.45%, $r$ 在 $0.9 \sim 0.95$ 的占17.65%,4.9%的 $r$ 小于0.9,因此 $\Gamma$ 函数适合本地区云滴谱分布。

雪晶的粒子尺度谱,统计了18份霰粒子资料,其中10份可用指数函数拟合,相关系数 $> 0.9$ ,5份相关系数在 $0.7 \sim 0.9$ 之间,3份为多峰分布。

### 3.4 过冷水的分布特征

表1给出了不同温度下出现的过冷水最大值及相应的云滴浓度和直径。 $-1 \sim -15^\circ\text{C}$ 的温度区( $-3 \sim -9.7^\circ\text{C}$ 缺测)都存在大于 $0.1\text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ 的云水区, $-11.2^\circ\text{C}$ 过冷水最大值达 $0.2059\text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$ 。 $-15 \sim -16.1^\circ\text{C}$ , $L_{wc}$ 和 $N$ 明显减小, $-17.8^\circ\text{C}$ 时粒子已为冰晶,特点是浓度小,直径较大。 $-2.2^\circ\text{C}$ 时云滴浓度最大为 $370\text{ cm}^{-3}$ ,这也是山东近年来探测的最大值。与河北<sup>[3]</sup>、陕西<sup>[4]</sup>的极值相比,山东的 $N$ 值小、 $d_1$ 较大,一种可能是影响山东的层状云具有大陆性向海洋性云团过渡的特性。

表1 不同温度时的最大过冷水含量 $L_{wc}(\text{g} \cdot \text{m}^{-3})$ 、云滴浓度 $N(\text{cm}^{-3})$ 和直径 $d_1(\mu\text{m})$

温度( $^\circ\text{C}$ )	-1.9	-2.2	-10.6	-11.2	-13.3	-14.8	-15.3	-16.1	-17.8
$L_{wc}$	0.103	0.1477	0.1648	0.2059	0.1024	0.1352	0.0863	0.0422	0.0079
$N$	336.8	370.0	235.8	254.0	190.0	164.5	90.7	59.4	1.224
$d_1$	7.74	7.74	8.95	9.54	7.62	9.91	9.54	9.06	18.15

为进一步分析过冷水的分布特征,我们对浓度和含水量作了分级统计(图5)。结果表明: $N$ 在各个区间出现的频率略有差别,浓度小于1、 $1 \sim 10$ 、 $10 \sim 100$ 、大于 $100\text{ cm}^{-3}$ 的区间云滴出现的频率各为25.1%、21.4%、32.6%、20.9%。

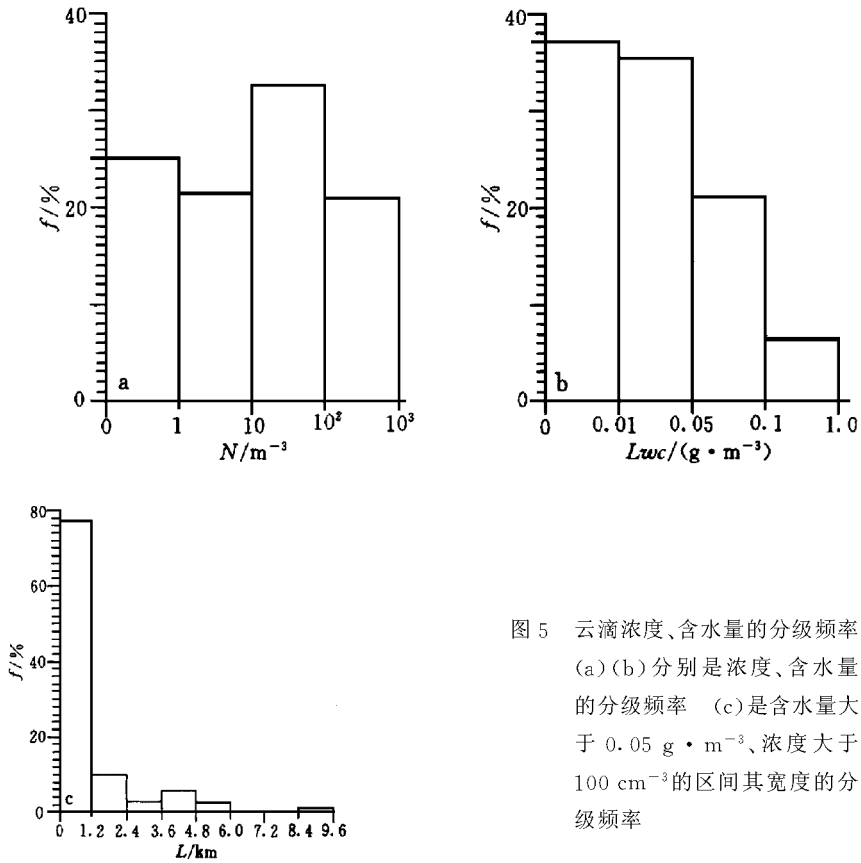


图5 云滴浓度、含水量的分级频率 (a)(b)分别是浓度、含水量的分级频率 (c)是含水量大于  $0.05 g \cdot m^{-3}$ 、浓度大于  $100 cm^{-3}$  的区间其宽度的分级频率

大于  $0.05 g \cdot m^{-3}$  的过冷水量出现的频率为 27.55%,  $0.01 \sim 0.05 g \cdot m^{-3}$  为 35.43%, 小于  $0.01 g \cdot m^{-3}$  为 37.02%, 表明云中水平长度上约有 63% 的距离存在一定量的过冷水 ( $Lwc > 0.01 g \cdot m^{-3}$ ), 约 1/3 以上的地方  $Lwc$  很小或不存在  $Lwc$  ( $Lwc < 0.01 g \cdot m^{-3}$ ).

鉴于过冷云水量在人工增雨中的重要性, 统计了过冷水含量大于  $0.05 g \cdot m^{-3}$  和云滴浓度大于  $100 cm^{-3}$  的区域水平宽度频率分布. 87.27% 的  $Lwc$  连续出现的宽度小于 2.4 km, 4.8~6.0 和 8.4~9.6 km 的宽度仅出现 1 次.  $N$  大于  $100 cm^{-3}$  的区域连续分布的宽度都小于 2.4 km, 其中 74.5% 的宽度小于 1.2 km. 这表明高值  $Lwc$  和  $N$  连续分布的尺度小, 即云微物理量的空间起伏大.

#### 4 降水粒子的增长及云下蒸发

冰晶在云中主要有 3 种增长方式: 凝华增长、淞附增长、雪晶对冰晶的碰并. 根据 2D-P 二维图像判断, 本次过程雪团型雪晶出现的频率近为 3.7%, 与文献[5]结果相近.

对于球形雪晶, 凝华增长和淞附增长采用下列公式:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{4\pi r(s-1)}{\frac{\mu_w L^2}{K_a RT^2} + \frac{RT}{D\mu_w E}}$$

$$\frac{dM}{dt} = \pi r^2 [v(r) - v(r_1)] - E(r, r_1) \cdot Lwc$$

云下雨滴的蒸发采用下式:

$$\frac{dM}{dt} = \frac{(1 - RH)f}{r(u_T - u) \left[ \frac{\mu_w L^2 \rho_w}{K_a RT^2} + \frac{\rho_w RT}{D\mu_w E} \right]}$$

式中:  $f$  为通风因子, 其取值见文献[6]

计算结果表明: (1) 凝华增长等于淞附增长时的过冷水含量与温度的关系(图略). 随着温度的降低, 淞附增长大于凝华增长所需的  $Lwc$  逐渐增大,  $-3^\circ\text{C}$ 、 $-11^\circ\text{C}$ 、 $-15^\circ\text{C}$  时,  $Lwc$  分别为  $1.963 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $4.936 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ 、 $5.478 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,  $-16^\circ\text{C}$  时  $Lwc$  最大为  $5.495 \times 10^{-2} \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 温度再降低,  $Lwc$  又逐渐减小. 显然, 温度高于  $-11^\circ\text{C}$  时, 淞附增长大于凝华增长需要的过冷水含量不大于  $0.05 \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 而这一温度内正是过冷水的丰沛区, 大于  $0.05 \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$  的过冷水出现的频率大于 27.55%. 同时, 霰粒和类霰粒子出现的频率为 51.3%, 这表明本次过程雪晶的增长是以淞附增长为主, 凝华次之. (2) 相对湿度 ( $RH$ ) 和粒子大小不同, 雨滴降落 2000 m 时, 其蒸发率也不同(图略):  $RH$  取 0.95 时, 直径 340  $\mu\text{m}$  的粒子落不到地面, 直径 934  $\mu\text{m}$  的粒子蒸发率不足 20%;  $RH$  取 0.8 时, 直径小于 538  $\mu\text{m}$  的粒子落不到地面, 直径 736  $\mu\text{m}$  的粒子蒸发率为 90%, 尺度大于 1524  $\mu\text{m}$  的粒子其蒸发率低于 20%;  $RH$  取 0.6 时, 小于 934  $\mu\text{m}$  的粒子落不到地面, 大于 2313  $\mu\text{m}$  的粒子其蒸发率低于 20%. 很明显, 云下雨滴的蒸发对直径小于 1 mm 的小滴是重要的, 尺度大于 2000  $\mu\text{m}$ , 蒸发效应不明显.

飞机降落时在 2000 m 附近取到了雨滴谱, 平均直径 743  $\mu\text{m}$ 、含水量为  $0.1019 \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 计算表明经过蒸发, 平均直径减小为 424  $\mu\text{m}$ , 含水量减小为  $0.0093 \text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ , 90.8% 的质量蒸发掉了.

## 5 自然降水的微物理概念模型

综上所述, 本次降水过程的微物理垂直结构及降水粒子的可能增长机制(图略): 温度低于  $-16^\circ\text{C}$ , 云基本为纯冰云, 粒子增长以凝华增长为主;  $-16 \sim -15^\circ\text{C}$ , 云为混合云, 过冷水少, 是纯冰云向典型混合云的过渡区;  $-15 \sim 0^\circ\text{C}$  是典型的混合云区, 过冷水含量较丰富, 是主要的供水区, 粒子增长以淞附和凝华为主;  $0^\circ\text{C}$  至 As 云底, 云水含量较小, 雪晶经融化层由碰并增长的尺度不大, As 云以下, Sc 云松散, 相对湿度较小, 水滴主要为蒸发作用.

## 6 结果与讨论

综合对本次弱冷涡降水过程的微物理特征分析得出以下结论:

(1)云系由低层 Sc 云和主体 As 云组成,Sc 云相当松散,粒子主要是由尺度小于  $10\ \mu\text{m}$ 、浓度为几个  $1$  立方厘米的小滴组成;降水粒子浓度为  $0.1\sim 1\ \text{L}^{-1}$ ,含水量为  $0.1\ \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  左右。

(2)As 云的底部,云仍相当松散,但其中存在几十米厚度的  $N$ 、 $Lwc$  高值区,云水含量较丰富。As 云中部是过冷水的主要分布区,不同温度下都存在大于  $0.1\ \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  的过冷水区,粒子尺度谱可用二阶  $\Gamma$  函数拟合,大于  $0.05\ \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  过冷水出现的频率为  $27.55\%$ ,但连续出现的水平宽度大部分( $87.27\%$ )小于  $2.4\ \text{km}$ ,不利于冰晶的连续淞附增长。垂直向雪晶浓度为  $1\ \text{L}^{-1}$  左右,直径在  $400\sim 1000\ \mu\text{m}$  之间,固态含水量的量级为  $10^{-1}\sim 10^{-3}\ (\text{g}\cdot\text{m}^{-3})$ ,统计结果表明,雪晶以霰粒和类霰粒子出现的频率为  $51.3\%$ ,其尺度谱可用指数函数拟合。

(3)数值计算表明,不同温度下淞附增长大于凝华增长约需要  $0.05\ \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  过冷水。实测资料表明,大于  $0.05\ \text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  的过冷水出现的频率约为  $1/3$ ,霰粒和类霰粒子出现的频率超过  $1/2$ 。说明本次过程降水粒子的增长以淞附增长为主,凝华增长次之。

(4)云下蒸发主要影响直径小于  $1\ \text{mm}$  的粒子,蒸发作用对直径大于  $2\ \text{mm}$  的粒子影响较小。由于 As 云落下的雨滴的平均直径基本小于  $1\ \text{mm}$ ,因此云下雨滴的蒸发对降雨量有比较大的影响。

本次降水过程水汽条件较差,自然降水粒子的增长条件不利。但云中仍存在过冷水区,说明仍有人工增雨潜力,只是过冷水区的宽度较小,采用普通的机载 AgI 发生器对云系进行催化,效果不明显,因此采用何种催化技术来提高此类云系的催化效果,有待进一步探讨。

## 参 考 文 献

- 1 Holroyd E W. Some classification techniques for irregular snow particles recorded by two-dimensional optical array probes. WMP Report. 1985, (2): 195~198.
- 2 严采繁,陈万奎.层状云云滴谱分布及其谱参数计算.应用气象学报,1990,1(4):369~376.
- 3 吴志会.河北省春夏季层状云微物理结构及人工增雨潜力的初步研究.见:游景炎等主编.云降水物理和人工增雨技术研究.北京:气象出版社,1994.83~88.
- 4 陈君寒,张薇,王鹰.降水性层状云系的微结构特征及人工可播性研究.见:陈君寒主编.陕北地区人工云系天气研究论文集.北京:气象出版社,1996.14~18.
- 5 陈万奎.枝状雪晶碰撞攀附与折裂增生.气象科学研究院院刊,1987,2(1):74~80.
- 6 王鹏飞,李子华.微观云微物理学.北京:气象出版社,1989.201~204.



## ANALYSIS OF THE MICROPHYSICAL PRECIPITATION MECHANISM FOR A COLD VORTEX PROCESS

Chen Wenxuan Wang Jun Liu Wen

(Shandong Research Institute of Meteorological Science, Jinan 250031)

### Abstract

The distribution characteristics of microphysical elements, growing mechanism of precipitation particle and evaporation effects of subcloud raindrop in a cold vortex process are analysed. The results show that the cloud system consists of two vertical layers, lower warm stratocumulus and principal cool altostratus. The altostratus base is 2 km high, and cloud top is higher than 5 km. The supercooled water exists abundantly in the cloud, the maximum is up to  $0.21 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}$  at  $-11.20^\circ\text{C}$ , but its distribution is not homogeneous, 87% of continuous distribution width are less than 2.4 km, which is disadvantage to the rime increasing of ice crystal in the cloud. Meanwhile, the evaporation effect of subcloud raindrop is very big, the diameter of raindrops which could not arrive the ground is less than 1 mm. Therefore, The cold vortex process produces the weak precipitation.

**Key words:** Microphysics Growing mechanism Supercooled water