

冰雪晶二维图像及霰粒子谱特征分析¹⁾

郭金平

(河北省人工影响天气办公室, 石家庄 050021)

提 要

分析了 1991—1993 年人工降水期间共 13 个架次粒子测量系统(PMS)获取的冰、雪粒子的二维图像资料,分析了雪粒子的形态特征,重点分析霰粒子出现的频率及其尺度谱特征;并利用霰粒子的直径大小,在一定的假设条件下,估算了观测高度以上云中所包含的过冷水的累积含量;借以了解飞行层以上的人工降水潜力状况。初步分析结果表明,不少架次的飞行过程中都出现有持续时间不等的霰粒子,估算出的最大积分过冷水含水量为 $130\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$ 。从飞行过程中出现霰的时间百分比可以看出,过冷水含量水平分布,不同架次霰粒子百分比变化较大。另外,从同一架次资料做比较分析,高度越高、温度越低霰粒子出现的百分比越小。

关键词: 二维图像 过冷水含量 霰 尺度谱

引 言

云层中过冷水含量是人工降水资源条件的重要指标。但在实际飞行时,由于各种条件限制,不可能对每一高度层的过冷水含量都进行实际观测,而且受航空管制规定常常只能在某一定配备高度层飞行,这样就很难了解整个云层的过冷水情况。

本文根据 2D-C、2D-P 二维图形资料提供的信息,通过对不同形状冰雪晶的分析,尤其是对霰粒子的分析,对飞行层以上过冷水量进行了估算,以弥补实际观测不到上层过冷水所带来的缺陷。

1 观测仪器与航线

观测仪器采用美国粒子测量系统公司生产的机载 PMS 观测系统,二维图像采用测量粒子尺度为 $25\text{--}800\mu\text{m}$ 的 OAP-2D-C 二维云粒子探头和 $200\text{--}6400\mu\text{m}$ 的 OAP-2D-P 二维降水粒子探头。

飞行航线一般是结合作业设计的,大多

是由试验基地起飞升至配备高度后平飞至作业地点,再作观测或条矩式作业。

2 资料处理

本文分析的资料为 1991.5—1993.6 共 13 个架次的层状云水平飞行资料,飞行高度约 $4000\text{--}5000\text{m}$ 。

2.1 图形辨认

从二维图像上分析冰雪晶形状只能是定性的。在分析中把失去晶体外缘轮廓并接近为圆形的黑斑定为霰粒子,把粒子边缘模糊但仍能分辨棱角的定为带冻结水滴的晶体,其它形状的辨认参考常用的冰雪晶分类方法^[1]进行分类。图 1 为二维图像上几种雪晶的形状。

2.2 统计在飞行过程中出现霰的时间百分比

统计中 T_z 为水平取样中可用资料段的总时间, T_{oa} 为所分析的时间段中霰粒子(或其它形态雪晶)出现的累积时间。

1) 本文是河北省科学基金和中国气象局科学基金资助项目

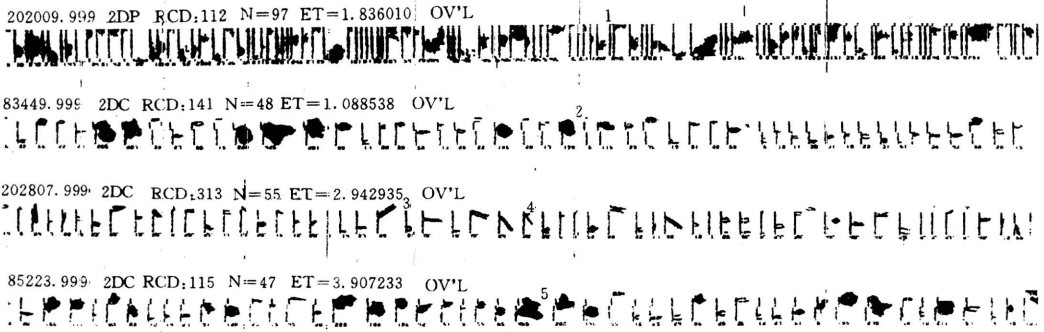


图1 几种雪晶的形状

1. 枝星 2. 霰粒 3. 柱状 4. 针状 5. 侧片

2.3 过冷积分水量的估算

计算公式

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\pi}{4} \bar{D}^2 \cdot E \cdot L_{wc} \cdot (V_z - W)$$

假定层状云中上升气流速度与霰粒子落速相比可以忽略,即 $W=0$,并取霰粒子的平均碰撞截面积分,则有:

$$M = \frac{\pi}{4} \left(\frac{\bar{D}^2}{2} \right) \cdot E \cdot \sum L_{wc} \cdot \Delta Z$$

假定 $E=1.0$,则 $M = \frac{\pi}{4} \left(\frac{\bar{D}^2}{2} \right) \sum L_{wc} \cdot \Delta Z$

式中 $\bar{D}$ 为霰粒子直径, M 为霰粒子质量, E 为碰冻系数, L_{wc} 为过冷水含量, Z 为高度, W 为垂直气流速度, V_z 为粒子落速。

M-D 的相关采用 Nalkaya 的统计结果^[2],据此做出的 D 与 $\sum L_{wc} \cdot \Delta Z$ 的相关线见图2。

3 结果

3.1 过冷积分水量

从统计结果看,不同架次、不同时间过冷积分水量差异较大,大部分架次上层都有一定的过冷水存在,最大值为1992年5月14日的一次资料,过冷积分水量为 $130g \cdot m^{-2}$ 。

从13个架次的过冷积分水情况看,过冷积分水量越小出现的几率越大,频率分布情况见图3。

3.2 霰粒子出现的时间百分比

从表1中看出不同架次时间百分比变化较大,从同一架次不同飞行层来看,大体是高

度越高、温度越低,霰粒子出现的时间百分比越小。只有1991年5月31日资料例外, $-10 \sim -15^\circ C$ 层霰粒百分比为33, $-20 \sim -25^\circ C$ 层百分比为68,分析原因这次飞行在资料分析时段飞机一直呈斜升状态,估计是云层不均匀,层状云中存在对流泡造成的。

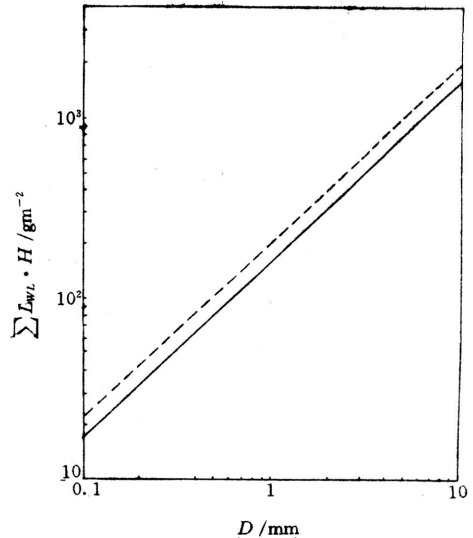


图2 D 与 $\sum L_{wc} \cdot \Delta Z$ 相关图

实线 $E=1.0$ 虚线 $E=0.8$

3.3 谱分布

根据1991年7月18日飞机水平飞行阶段冰雪晶的谱分布情况(见图4)可以看出,霰粒子出现比较多时,谱型较窄,霰粒出现少或几乎不出现时,谱型较宽。

表1 不同形状冰雪晶出现的时间百分比

分 类		T/℃											
		-5--10			-10--15			-15--20			-20--25		
		<i>t_z</i> /分	<i>t_{0b}</i> /分	<i>F</i> /%	<i>t_z</i> /分	<i>t_{0b}</i> /分	<i>F</i> /%	<i>t_z</i> /分	<i>t_{0b}</i> /分	<i>F</i> /%	<i>t_z</i> /分	<i>t_{0b}</i> /分	<i>F</i> /%
1991 7.27	霰				5	0.90	18						
	带冻				5	3.67	73						
	枝星				5	0.33	7						
	柱、柱束				5	1.00	20						
	针				5	0.33	7						
1991 7.28	霰	57	5.33	9									
	带冻	57	6.83	12									
	枝星	57	6.00	11									
	柱、柱束	57	30.00	53									
	针	57	18.00	32									
1991 7.21	霰	7	3.33	48									
	带冻	7	2.17	31									
	枝星	7	0.25	4									
	柱、柱束	7	5.00	71									
	针	7	3.33	48									
1991 5.31	霰				8	2.67	33	3	1.83	61	25	17.00	68
	带冻				8	6.00	75	3	2.33	78	25	20.00	80
	枝星												
	柱、柱束				8	0.67	8	3	1.00	33	25	2.5	10
	侧片				8			3	0.83	28			
1991 7.18 第一架次	霰	20	5.00	25	39	5.50	14						
	带冻	20	10.00	50	39	9.00	23						
	枝星	20	9.00	45	39	25.00	64						
	柱、柱束	20	11.00	55	39	5.00	13						
	针	20	8.00	40	39	1.00	3						
1991 7.18 第二架次	霰	49	20.00	41									
	带冻	49	34.00	69									
	枝星	49	14.01	29									
	柱、柱束	49	5.02	10									
	针	49	3.00	6									
1992 5.4	霰	2	1.00	50	53	10.00	19						
	带冻	2	1.00	50	53	18.01	34						
	枝星	2	0.33	17	53	34.00	64						
	柱、柱束	2	1.50	75	53	9.00	17						
	针	2	0.67	33	53	4.00	8						
1992 5.11	霰				16	1.13	7						
	带冻				16	5.00	31						
	枝星				16	13.00	81						
	柱、柱束				16	1.00	6						
	针				16	0.33	2						
1992 5.14	霰				18	9.00	50	11	2.00	18			
	带冻				18	12.00	67	11	6.00	55			
	枝星				18	13.00	72	11	9.00	82			
	柱、柱束				18	1.17	7	11	0.25	2			
	针				18	0.83	5	11	0.12	1			
1992 6.20	霰	71	7.00	10									
	带冻	71	30.00	42									
	枝星	71	40.00	56									
	柱、柱束	71	34.00	48									
	针	71	17.01	24									
1993 5.15	霰				50	11.00	22						
	带冻				50	17.00	34						
	枝星				50	27.00	54						
	柱、柱束				50	5.33	11						
	针				50	1.17	2						

图5为13个飞行架次霰粒子的频谱情况,从中看出,霰粒子直径在0.2—0.3mm的出现几率最大,随着直径的增加,出现几率

呈递减趋势。

3.4 雪晶形状随温度的分布

由于二维图像垂直资料较少,只分析了

1992年5月4日和1993年5月15日的二个 个例,结果见表2a、2b。

表2a 雪晶形状随温度的分布/次数

温度/℃	枝星	柱	柱束	针	霰	淞附	不规则	合计
-8.5--9.0	38	45	8	14	17	10	11	143
-11.0--11.9	97	16	4	7	19	15	10	168

表2b 雪晶形状随温度的分布/次数

温度/℃	枝星	柱	柱束	针	霰	淞附	不规则	合计
-4.5--7.0	9	5	2	3	6	5	10	40
-8.0--10.8	6	6	3	1	6	8	9	39
-11.0--13.8	41	8	3	0	36	42	20	150

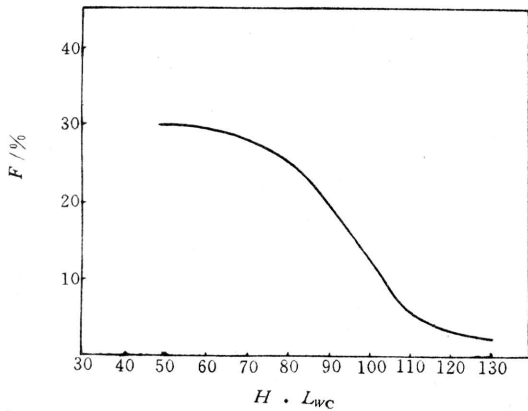


图3 过冷积分水量的频率分布

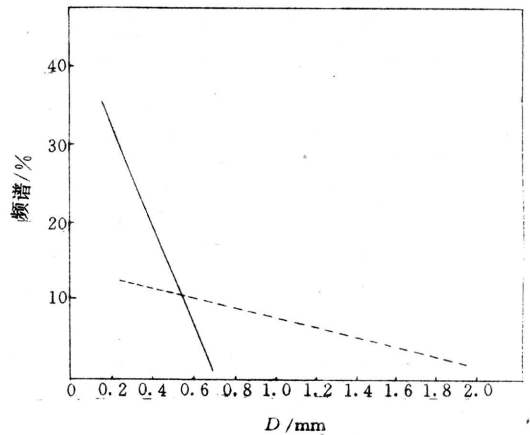


图5 霰粒子频谱

实线为霰粒子频谱 虚线为枝星状雪晶频谱

4 讨论

在计算过冷积分水量时,公式中假设 $E=1.0$,对估算结果可能带来一定的不确定性,但对不同条件下的估算结果,应具有相对比较意义。假设 $W=0$,在层状云中比较适宜,若有对流情况,取 $W=0$ 可能造成较大误差。

通过分析看出,几乎每架次飞行中(13次)飞行层以上都有一定的过冷水存在,这说明以往的作业层可能选的偏低,为更好利用降水资源,在飞机性能等条件允许的情况下,适当提高作业层高度,人工增雨的效果可能会更好些。

本文仅是利用霰粒子图形资料估算云中过冷水量的初步尝试,在图形的准确识别、对

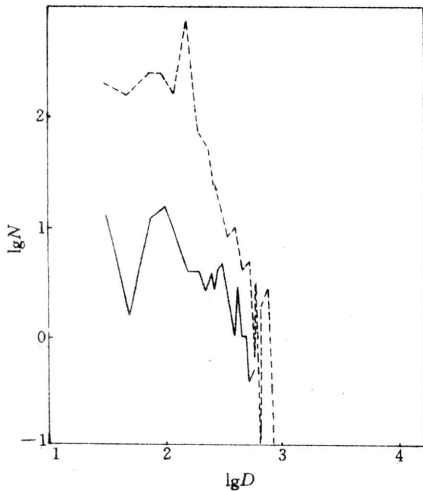


图4 冰雪晶谱分布情况(2DC 资料)

实线:霰粒出现比较多 虚线:霰粒出现比较少

霰粒增长公式所做的假定都还有必要进行深入研究。

参考文献

- 1 Nakaya, V. Snow Crystals. Harvard Univ. Press. 1954.
- 2 J. E. Jiusto. Crystals development and glaciation of a supercooled cloud. J. Res. Atm. ,1971,5(2):69—85.

An Analysis of Two-dimensional Image of Ice and Snow Crystal and the Size Distribution of Graupel Particles

Guo Jinping

(Weather Modification office of Hebei Province, Shijazhuang 050021)

Abstract

The two-dimensional image data of ice and snow particles and the shape features of snow particles and the shape features of snow particles from the measurements of 13 flights equipped with the particle Measuring System (PMS) during 1991—1993 are analyzed, with the focus on the occurrence frequency and the size distribution of graupel particles. Based on certain assumptions, the accumulated super cooled water content in the clouds above the observational level is estimated according to the diameters of graupel particles, so as to find out the potential of artificial precipitation above the operating level. The primary results indicate that graupel particles were found in the operating processes of many flights of different durations; the estimated maximum integrated supercooled water content is 130 g/m^2 . It can be seen from the duration percentages of graupels in the processes of the flights that supercooled water is distributed horizontally and the graupel particle percentage varies greatly in different flight. In addition, the comparison of the data obtained in the same flight indicates that the higher the altitude and the temperature, the lower graupel particle percentage is observed.

Key Words: two-dimensional image super cooled water content graupel size distribution