

雪晶尺度与质量的相关

游来光 陈跃

(气象科学研究院人工影响天气研究所)

王涛*

(南京气象学院)

一、引言

由于雪晶形态各异,冰在其所占空间中的充填程度有很大差别;因此,雪晶最大轴径与其质量的相关十分复杂。早在30年代已对此有过较系统的研究^[1],经几十年来的不断补充,目前已对不同形态的雪晶,及其凇附程度得出一系列关系式^[2-3]。但由于雪晶形态繁多,这些关系式仅适用于某些典型形态的雪晶,而且这些关系式的建立都依据降雪天气下的地面观测结果;由于观测点受自然条件限制,大多数的关系式只适用于毫米大小的较大雪晶。

近年来对北方人工降水资源问题进行了综合性考察,由于云物理飞机观测系统的革新,高层冰、雪粒子特征资料迅速增多,在研究冰晶云或混合云微结构及降水增长微物理过程中迫切需要有关尺度较小的冰、雪粒子的最大轴径(D)与其质量(M)的相关表达式。

1984年冬季,结合新疆人工增雪资源研究,利用该地低温、多雪的自然环境特点,进行了雪晶尺度与质量相关的研究。重点针对在较低温度环境下形成的侧片形和柱束形,以及其最大轴径小于1毫米的雪晶;以期避免由于采用已有的相关式外延到小冰晶段进行质量换算时可能带来的误差。为与已有的相关式进行比较,同时也收集了少量的片枝状、空间枝状的资料。本文介绍一些初步结果。

二、观测方法

已往有关D-M相关研究中,确定质量的方法可概括为两类:一种是根据雪晶外形,如柱晶的长、宽比例,估算其体积再乘以冰密度得到^[4];一般只适用于规则的具有简单几何形状的冰晶,且不易准确估计其中冰的充填程度。另一种是通过加热融化自然沉降在有增水涂层的玻璃片上的雪晶,计算其融滴质量得到,在融化过程中雪晶有时融化成

本文于1986年4月14日收到,1986年10月24日收到修改稿。

* 南京气象学院1985年度毕业生。

多个滴，需进行质量累积^[5]。1981年冬季，在新疆采用薄层兔毛承接雪晶，融化后观测融滴直径的方法，以避免融滴变形或融化过程中破碎。

具体方法是利用纤细的兔毛尽量制做单薄的毛层，所用兔毛长约1—2厘米，相对粘附在玻璃框架内缘，两边对接后的毛层取样宽度为3厘米左右。当雪晶沉降在毛层上，将框架置于显微镜下拍摄雪晶形状，然后从镜台下部通过光孔进行局部加热，待雪晶融化后拍摄融滴照片。根据雪晶与融滴的大小，计算相应的D、M值，典型的雪晶照片如图1。

1984年冬季共收集资料328份，其中侧片188、柱束96、片枝20、空间枝状24。

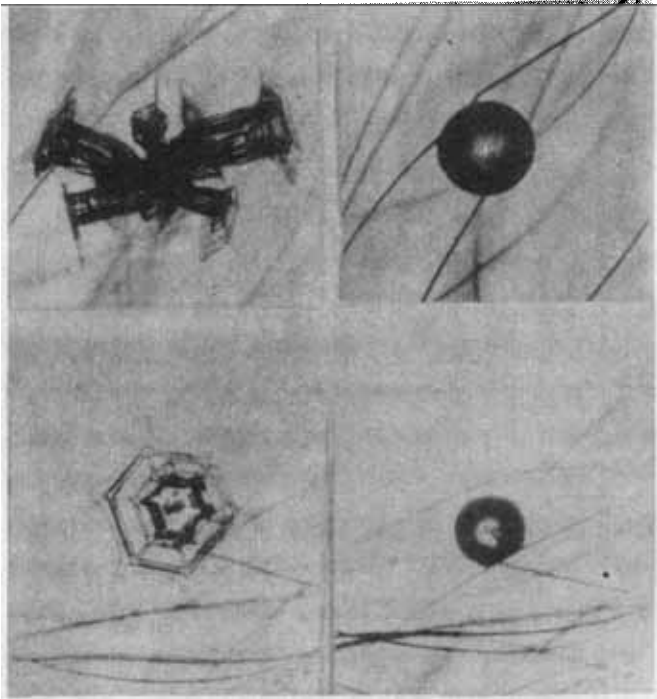


图1 雪晶及其融化后的融滴

三、结 果

按孙野等人^[6]的雪晶气象分类法，将所取资料分为侧片 (S_1)、柱束 (C_{2a})、片枝 (P_{1a}) 和空间枝 (P_{7b}) 四类。

上述四类雪晶的最大轴径与质量的相关如图2—5。按通常采用的 $M = AD^B$ 相关式拟合，各型雪晶对应的A、B值及相关系数如表1、其中质量单位为毫克，最大轴径单位为毫米。

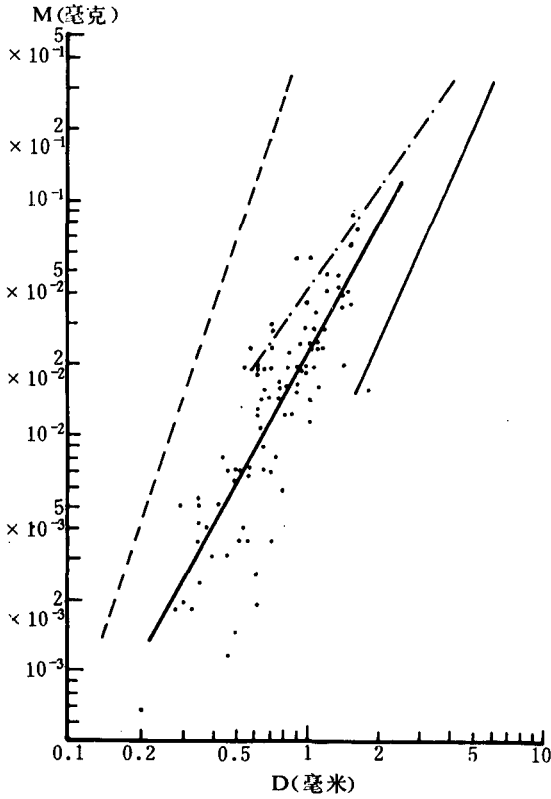


图 2 侧片状雪晶尺度与质量相关

--- 水滴, - · - · Hobbs(1974); —— 梶川(1975)

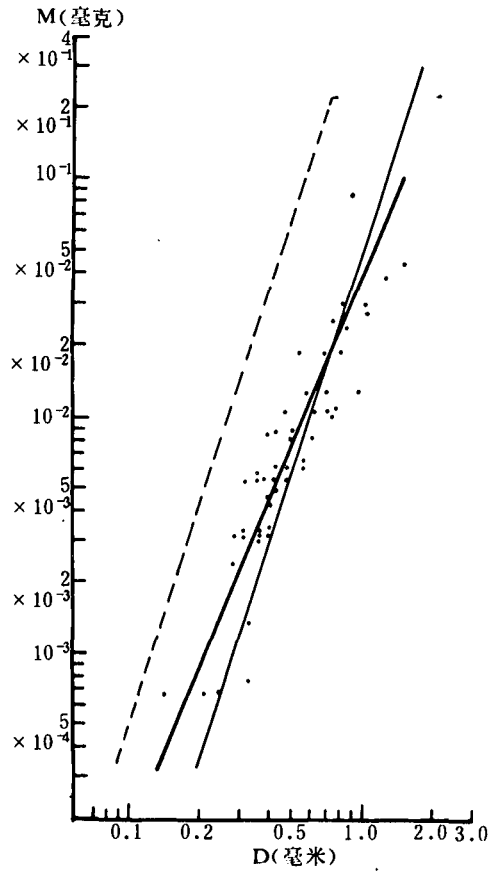


图 3 柱束状雪晶尺度与质量相关

--- 水滴 —— Heysfield(1977)

表 1 四类雪晶的 A、B 值与相关系数

雪晶形态	A	B	相关系数	D 的范围 (毫米)
侧片	0.0219	1.828	0.8348	0.2—1.8
柱束	0.0357	2.355	0.9031	0.15—1.6
片枝	0.0067	2.101	0.9495	1.5—4.0
空间枝	0.0164	1.624	0.8244	1.1—3.0

四、讨 论

将表 1 中所列结果与其他不同作者所得到的 D-M 相关式比较, 可以看出对同一类型雪晶各相关式间都存在不同程度上的差异。在所给定的尺度范围内, 同一大小的雪晶, 按不同相关式计算质量值时, 可能出现的最大差值如表 2。由表 2 看出, 差异最小的是空间枝状, 差异最大的是片枝状。孙野等将雪晶形态分为 80 类, 其中片、枝状占 15 类, 在

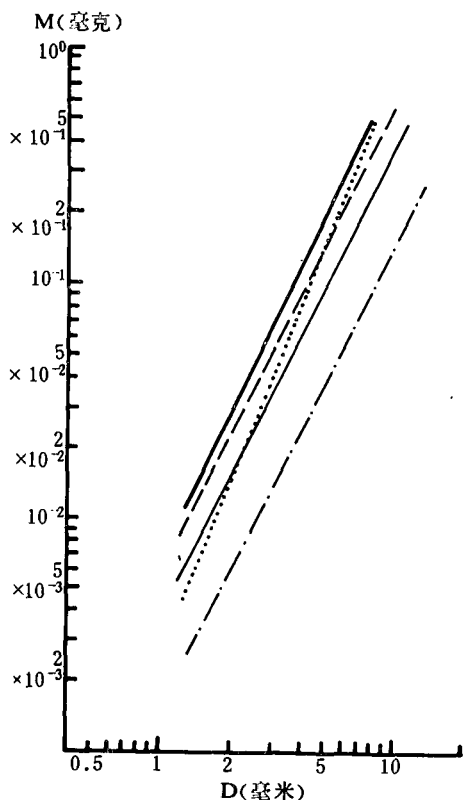


图 4 片枝状雪晶尺度与质量相关

—新疆(1964)Heymsfield (1972)
 ---Kikuchi (1956) —Nakaya (1954) - - -Hobbs (1974)

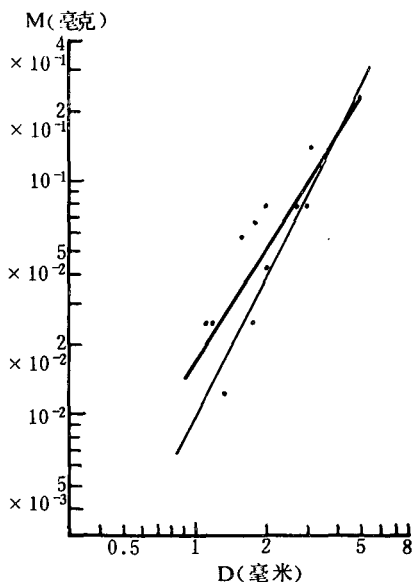


图 5 空间枝状雪晶尺度与质量相关

—Nakaya (1954)

表 2 不同相关式计算的质量最大差值

雪 晶 型	尺 度 范 围 (mm)	质量最大相差倍数	孙野分类法中所占类数
侧 片	1—2	3.5	3
柱 束	0.5—2.5	2.1	2
片 枝	1—6	5.7	15
空间枝	1—4	1.5	1

所分析的四类中最多；空间枝状占 1 类，变态最少。因此，这些差异，可能是因为雪晶外延生长过程中形态变化的差异造成的。本文所用资料中，片枝状雪晶多为中心有分层结构的厚片，边缘又外延生长出宽分枝，因而同一大小的雪晶比疏松的枝晶有更大的质量，D-M 相关线在图 4 中的最上端。由此推测，这种差异可能是将 15 种片枝状雪晶，笼统地归并为一类，而未对 D-M 相关进行更细致的分类统计造成的。

本文所用柱束状雪晶资料，在尺度较小时多为密实的柱体，而尺度较大时在柱端大多生长出杯状。因而在小尺度段有相对高的质量，在大尺度段有相对低的质量，即其表现密度随雪晶尺度增加而减少，因此取系数 $B = 3^{[4]}$ ，可能低估小雪晶质量 2 至 3 倍。

已有的侧片状雪晶的D-M相关式,其覆盖的雪晶尺度范围都是毫米以上,当外延至小雪晶段时会高估雪晶质量,如计算200微米以下的雪晶质量将超过同尺度水滴质量。从以上分析看来,表1所列有关柱束及侧片的相关式,用于高层雪晶质量换算可能优于已有结果。

有关雪晶尺度与质量的相关的研究虽然已有不少结果,但还不能按雪晶形态变异特征进行更细致的分类,笼统地采用某一种相关式进行雪晶的质量换算、计算雪晶增长以及研究其空气动力特性等都可能有一定影响。

五、结 语

根据328份资料分析了四种雪晶的尺度与质量相关。其中柱束、侧片形雪晶的尺度范围为0.2至1.6毫米,经初步分析所得相关式用于对高层观测的雪晶进行质量换算,可能优于已有结果。

由于雪晶形态复杂,笼统地采用某一种相关式进行质量换算或其他研究工作,可能会出现较大误差。

参 考 文 献

- [1] Nakaya, U., Snow crystals, Mass, Harvard Univ. Press, 1954.
- [2] Hobbs, P. V., Ice physics, Oxford Univ. Press, Oxford, 1974.
- [3] Pruppacher, H. R., et al, Microphysics of clouds and precipitation, D. Reidel Publishing Company, 1978.
- [4] Heymsfield, A., Properties of cirrus generating cells, *J. Atmos. Sci*, 29, 1358—1366, 1972.
- [5] Kajikawa, M., Experiments formula of falling velocity of snow crystals, *J. of the Met. Soc. of Japan*, 53, 267—275, 1975.
- [6] Magono, C., C. W. Lee, Meteorological classification of natural snow crystals, *J. of the Faculty of Sci., Hokkaido Univ., Ser. VII Vol. II*. 321—334, 1966.

A STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE MASSES AND DIMENSIONS OF SNOW CRYSTALS

You Laiguang Chen Yue Wang Tao
(*Institute of Weather Modification, AMS*)

Abstract

The linear dimensions of snow crystals and melting drops of the same crystals on the rabbit fur were observed in Wulumuqi in the wintertime of 1984. The relationships between the masses and dimensions of the side plane, rosette, plane dendrite and spatial dendrite crystals have been obtained.