

雹块微物理和雹云单体关系的初步探讨*

施文全** 徐家骝

(新疆气象局)

(兰州大学)

雹块微结构中包含着有关雹块在云内生长情况和雹云本身的某些信息。它们之间的关系有些已被认识,更多的还没有被人们所认识。

为揭示雹块微物理和雹云单体的相互关系,1982年夏天我们在新疆昭苏地区开展了雹块微结构和雹云宏观特征的配合探测,取得了一定数量资料。本文根据同年7月4个降雹日(7日、13日、16日、19日)的雷达回波和500多个冰雹切片资料,着重分析了冰雹的胚胎类型,提出了比较细微的雹胚分类标准;并在这个基础上,研究了雹胚类型统计特征和雹云单体的关系,发现复合单体和弱单体的雹胚类型分布有着较明显的差别。

1. 雹云单体和降雹特点

雹云单体的宏观结构是用一部3.2cm的雷达进行跟踪观测,每隔5—7 min取一组不同仰角的PPI和一张通过强中心的RHI回波,以确定回波结构、强度和单体类型。位于雷达站正北20km和30km处分别设有1号和2号冰雹取样点。取样的手段主要是利用装在流动汽车顶上的带呢龙网的漏斗取的,漏斗则和汽车里边的冷却瓶相连接。根据降雹强度,每隔0.5到1—2 min更换瓶子,以取得有时间序列的样品和便于计算雹谱的绝对数密度。

这四天雷达回波的主要指标可以看表1。13日和19日这两天的回波顶高和强度都比其他两天的高和强。从雷达平面位置显示图上还可以看到:13日是一条飑线上的复合单体,由几个单体组成,呈带状排列;降雹时,其中一个单体只是边缘通过1号取样点,因而降下的冰雹比较小,类型也比较单纯,69%是锥形雹块。

表1 4个降雹日的雷达回波特征

日期	回波顶最大高度(km)	回波最大强度(dB)	单体类型	14时地面气温(°C)
7日	8.7	40	弱单体	12.4
13日	11.7	50	复合体单(飑线型)	17.6
16日	10.2	40	弱单体	18.6
19日	10.7	50	复合单体	19.9

另一单体的中心通过2号点,降下的雹块最大有2 cm,是四天中最大的一次,球形和椭球形雹块居多(见表2)。19日也是复合单体,既不同于飑线上呈带状排列的复合单体,也不同于前生后消的多单体,是由2—3个强度不等的团状组合。它自西北向东南移来,中心通过1号点,降雹前1 h便有大片Cb云出现,降到1号点的雹块相对于7日和16日的要大些。7日基本上是局地发展起来的零星Cb云,回波表现为弱单体,中心虽然也通过1号点,降下的雹块是最小的一天,最大直径不到1 cm,类型十分集中,

* 本文于1984年2月6日收到,1985年3月25日收到修改稿。

** 参加本项外场观测的还有喻登予、杨传明、杨炳华、张利军、张春良、王文新、黄刚,朱凡新等同志。

95%是锥形。16日也是零星Cb云和弱单体回波,它自西北向东南方向移动,中心通过1号点;它比7日单体强一些,降下的雹块也比7日大一些,雹块类型和19日相似,锥形雹块占半数。

表2 各类雹块的统计特征

日期	测点	数目和尺度	锥形	球形	椭球形	其他不规则形	总数
7日	1号	个数	124	5	1	0	130
		%	95	4	1	0	100
		最大尺度(mm)	9	7	8		
		众数尺度(mm)	7—8	—	—		
13日	1号	个数	20	6	3	0	29
		%	69	21	10	0	100
		最大尺度(mm)	9	8	8		
		众数尺度(mm)	6—7	—	—		
13日	2号	个数	16	25	23	9	73
		%	22	34	32	12	100
		最大尺度(mm)	19	20	19	19	
		众数尺度(mm)	—	14—16	15, 17	15	
16日	1号	个数	50	33	10	5	98
		%	51	34	10	5	100
		最大尺度(mm)	12	11	10	10	
		众数尺度(mm)	8—9	8—9	8—9	8	
19日	1号	个数	88	33	31	13	165
		%	53	20	19	8	100
		最大尺度(mm)	17	15	17	11	
		众数尺度(mm)	9—11	7—8	8	7	

2. 雹胚的分类

四个降雹日共取得雹块样品6000多个,从中随机选择了约500个雹块进行了切片,切片是在冷台上进行,一般都沿生长方向切割,然后分别用透射光和偏振光照了相。由于这批雹块尺度较小,且多为锥形,所以比较容易切到雹胚部分。这里我们选择了雹胚结构保持清晰完整的468个雹切片进行雹胚分类研究。

气泡的大小、密度、分布和排列反映了雹胚的成冰过程和增长环境。因此,我们以气泡结构为主要依据,结合晶体结构和外形特征,将雹胚分成A(球形雹胚,干冷型)、B(锥状雹胚,干冷型)、C(锥状雹胚,干暖型)、D(球状或椭球状胚,偏湿型)、E(球状或半球状冻胚,湿型)和F(双胚)六大类,其中B、C、D和E又各分成两种亚类(见表3)。现在就它们的形状、气泡和冰晶结构,可能形成的机制等按各类说明如下:

1) A类(干冷型)——外形是球或椭球,气泡小而密,均匀分布,晶体比较小,颗粒状。它的来历是球状雹粒,是干冷条件下形成的^[1]。

2) B类(干冷型)——外形是锥状,气泡小而密,表现为很有组织的扁形分布,两边有大气泡为界的线状排列。晶体有时为粒状小晶,无规则排列;有时为细条状长晶,定向排列;B₁(图1)和B₂(图1)的区别在于后者的顶部无泡或少量大泡,前者的顶部的泡有时也明显减少,但能看出锥尖的轮廓,不象B₂有明显的截面。

表 3 雹胚的分类标准

类	B			C		D		E		F
	A	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	E ₁	E ₂	
气泡特点	小而密, 均匀分布。	小而密, 扇形分布。	顶部无泡或少量大泡, 其它与B ₁ 同。	小, 不太密, 扇形分布, 下部有时呈梯形空白。	顶部无泡或少量大泡, 其它与C ₁ 同。	气泡有大有小, 数目不多, 分布不匀。	与D ₁ 同。	基本无泡或少数大泡。	与E ₁ 同。	按各个胚胎本身类型而定。
晶体特点	粒状小晶。	粒状(无规则)或细条状(定向)。	顶部和下部稍有差异, 其它与B ₁ 同。	长块大晶, 定向分布。	长块大晶, 定向分布。	数块大晶或单晶。	与D ₁ 同。	单晶或数块大晶。	与E ₁ 同。	按各个胚胎本身类型而定。
来历	球霰干冷。	锥霰干冷。	锥霰干冷。	锥霰干暖。	锥霰干暖。	球霰再冻或冻滴。	椭球霰再冻或半冻滴。	冻滴。	扁的冻滴或半冻滴。	两个胚胎互相粘连。

3) C类(干暖型)——外形也是锥状, 主要也是小气泡, 不如B类密。但仍属多泡性质, 小气泡呈有组织的扇形分布, 两旁以大气泡为界, 这些说明它们仍然来源于锥霰。这类胚胎的下部往往有十分明显的梯形空白(无泡部分)。C类和B类雹胚在晶体结构上的差别更为明显, 主要是C类为大块晶体, 定向排列, 有时甚至只有一、二块大晶体。因为C类是多泡的, 一定是凝结造成的^[2], 而实验表明, 干生长条件下同样可以形成大晶块, 晶体大小主要依赖于环境温度, 无论长度或是宽度都随环境温度的增高而增大^[3]。所以, C类和B类的主要环境差别应该是前者的温度高些, 后者的温度低些, 我们因而分别称之为干暖型和干冷型, 这样可以更好地从锥胚的不同结构特点, 了解它们的不同来源, 而在过去所有的文献中都没有把这两类区别开来。C类中的C₁(图1)和C₂(图1)的差别主要是气泡方面的不同: C₂的顶部无泡或少量大泡, 呈截锥状。

4) D类(偏湿型)——外形是球形或椭球、半球形, 气泡有大有小, 数目不多, 分布不匀, 常有相对较为密集的一个或几个小气泡小集团, 无规则地分布在一些地方; 结构方面是由几块大晶或半晶组成。从这些情况看来, 它们的来历较大可能是球霰部分或大部分融化后重新冻结, 也可能由冻滴本身或冻滴在偏湿环境里碰并长大后形成的。D₁(图1)和D₂(图1)的区别在于D₂可能来自椭球形霰或者破裂成半的冻滴。

5) E类(湿型)——外形和D类相似, E₁(图1)和E₂(图1)分别对应于D₁和D₂; 晶体结构也相似, 主要在气泡上E类基本无泡或仅有为数很少的大泡。E类水D类的单晶块(冻滴)有时在中间有一道很深的裂缝(图1), 这是水滴冻结时内部压力造的。E₂类是破裂成半的冻滴或者变扁的水滴冻结而成。如果同时考虑冻滴作为D类和E类的来历, 则气泡稍多些的D类应该来自温度更低的环境中^[1]。

6) F类(双胚)——双胚是由两个胚胎相粘连。本文作者之一曾经于1964年在甘肃观测到两个冻滴相连的双胚^[4], 本文提到的两个双胚在透射光照片上(图1)都可以看到椭球形的轮廓, 从其中晶体的结构和都含有一定量的气泡来判断, 可以认为是两个D₂类胚胎所组成。

上述分类的特点是: 比较细微地考虑了雹胚的早期生长, 以便进一步区分各类雹胚的生长方式和增长环境, 从而使雹胚分类统计更有意义。

3. 雹胚统计特征和雹云单体的关系

在确定各类雹胚的划分标准之后, 我们可以着手研究雹胚统计特征和雹云单体之间的关系。表4列出了这几天的雹胚类型和尺度的统计特征。

从表4看到, 如果把A, B, C三类加起来, 各天的这类总和都在70%以上, 说明干性胚在本地区占主

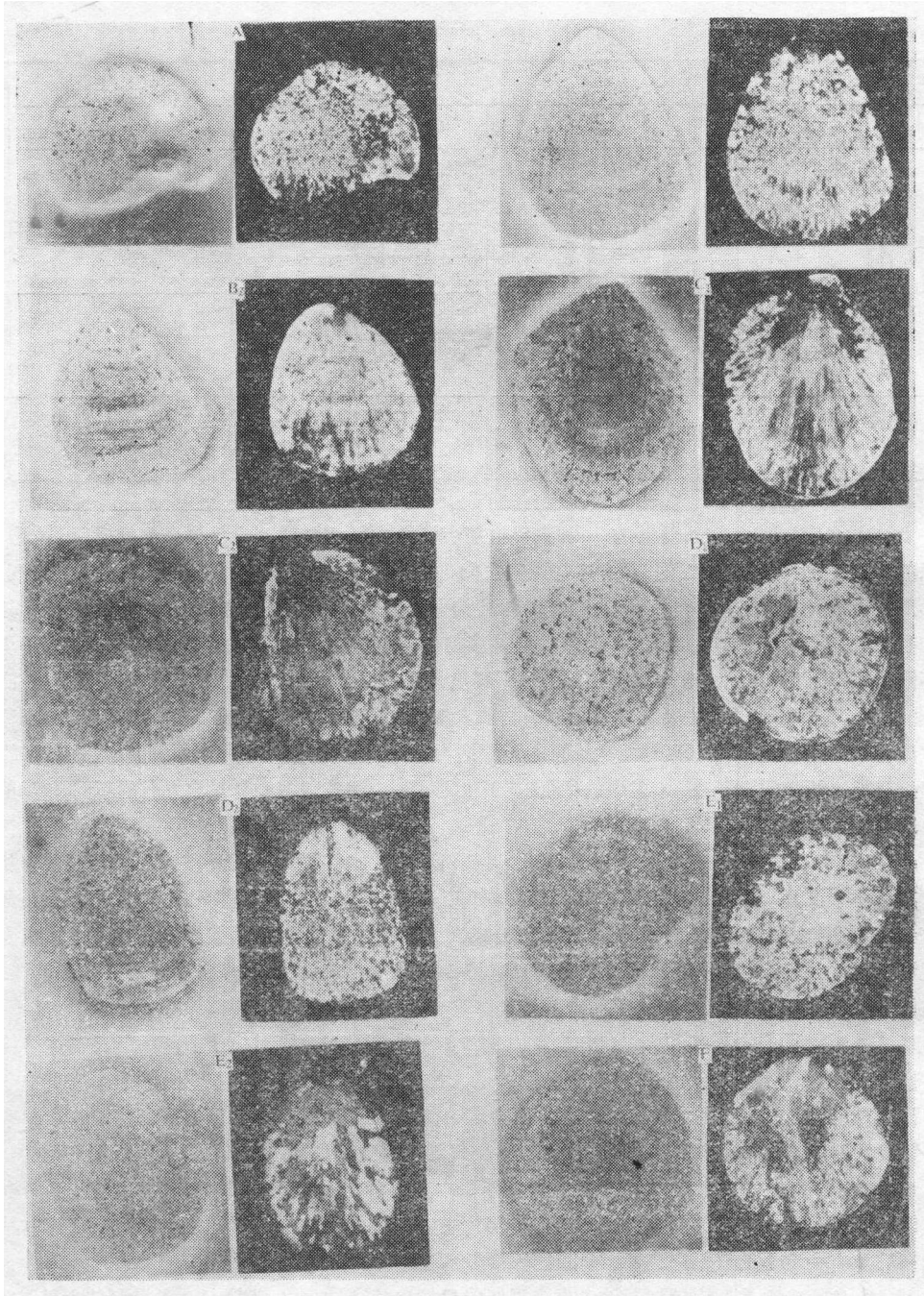


图 1 雹胚分类照片
(各类左图为透射光, 右图为偏振光)

要优势,但A,B,C三类的相对比例则视各个过程而不同。看出来,弱单体的7日和16日的雹胚类型都比较单纯,主要集中在干暖型的C类,占各种雹胚的70%以上,但7日的类型更为集中,只有A,B,C三类。16日的雹胚各类都有,但不到30%,而且是偏湿型(D)和湿型(E)为次多,这点是和7日不同之处。复合单体的13日2号点和19日的雹胚类型分布与弱单体的明显不同,A,B,C三类都占一定的比例,其中13日

表 4 雹胚类型的统计

日期	测点	数目和尺度	A	B ₁	B ₂	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	E ₁	E ₂	F	总数
7日	1号	个数	2	29	0	86	4	0	0	0	0	0	121
		%	2	24	0	71	3	0	0	0	0	0	100
		最大尺度(mm)	7	7	7	7							
		众数尺度(mm)	—	4—5	4—6								
13日	1号	个数	1	3	0	17	2	4	0	0	0	0	27
		%	4	11	0	63	7	15	0	0	0	0	100
		最大尺度(mm)	6	5	6	6							
		众数尺度(mm)	—	5	4—5	5							
13日	2号	个数	31	16	2	15	1	2	0	1	1	0	69
		%	44	22	3	22	2	3	0	2	2	0	100
		最大尺度(mm)	16	15	11	11	5	6					
		众数尺度(mm)	11—13	11—13	9	5							
16日	1号	个数	3	1	0	35	33	14	1	7	0	1	95
		%	3	1	0	37	35	15	1	7	0	1	100
		最大尺度(mm)	7	5	7	7	8	6	5				
		众数尺度(mm)	—	—	5—6	5—6	6						
19日	1号	个数	14	35	7	39	17	16	7	8	12	1	156
		%	9	22	4	25	11	10	5	5	8	1	100
		最大尺度(mm)	7	10	10	10	6	7	4				
		众数尺度(mm)	6—7	5—8	4—6,8	5—6	4						

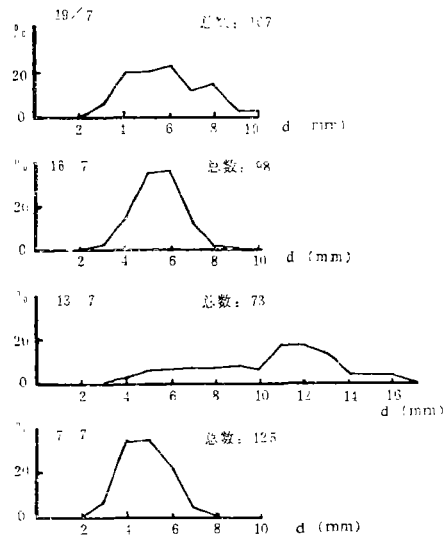


图 2 各天雹胚尺度分布的比较

的A类最多,占44%;而19日的偏湿型的D类和湿型的E类都占一定的比例,两者加起来将近30%。16日和19日的湿型和偏湿型胚胎的增多,和它们地面温度比其它两天为高(见表1)直接有关。根据knight^[5]对世界各地8000多块冰雹胚胎的统计,冻胚随着云底温度的增大而增加,雹胚则有相反的关系

系,这个结果和我们的结果是一致的。从弱单体的雹胚的单纯性反映了雹胚主要或者只能来自单体的本身,而复合单体的雹胚的多样性则说明由于多个单体同时并存,雹胚可以来自不同的单体。

除了类型分布的不同之外,雹胚的尺度分布也同样清楚地表明两类雹云的不同。我们从图2中看到,弱单体的雹胚尺度分布都比较窄,7日的集中在4—6mm,16日的集中在5—6mm。而复合单体的雹胚尺度分布要宽一些,19日的雹胚尺度从4到8mm都有着相近的比例,13日的谱宽一直延伸到16mm,峰值在11—13mm的范围。较窄的雹胚谱宽说明雹胚所处高度的单一性,较宽的雹胚谱宽则间接反映了雹胚所处高度的复杂性。

参 考 文 献

- [1] 徐家骥,冰雹微物理与成雹机制,农业出版社,1979年。
- [2] Knight, C.A., and N.C. Knight, Hailstone embryos, *J. of Atmos. Sci.*, 27, No. 4, 659—666, 1970.
- [3] Macklin, W.C., and P.J. Rye, Crystallagraphic orientation distributions in accreted ice, *J. of Atmos. Sci.*, 31, 1974.
- [4] 徐家骥、黄孟容等,甘肃岷县地区1964年6—7月两次冰雹雹谱、雹切片的分析,气象学报,35, No. 2, 1965年。
- [5] Knight, N.C., The climatology of hailstone embryos, *J. of Applied Meteor.*, 20, No. 7, 750—755, 1981.

A PRELIMINARY STUDY OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN HAIL-MICROPHYSICS AND HAILSTORM CELLS

Shi Wenquan

(Xinjiang Meteorological Bureau)

Xu Jialiu

(Lanzhou University)

Abstract

The thin-sections of more than 500 hailstones, which were collected from four hailstorm cases in the west mountain area of Xinjiang during summer in 1982, are analyzed. Detailed classification of hailstone embryos is made according to their air bubble and crystal structure and the relationships between the statistical characteristics of the embryo type distributions and hailstorm cells are studied. It is found that there exist clear differences between the embryo type distributions in weak cells and those in complex cells.