

北京地区一次降雹过程和冰雹微物理特征

金永利 张 蓓

(北京市人工影响天气办公室, 北京 100089)

提 要

对2000年5月17日降雹现场进行了实地考察, 同时收集了部分冰雹样品, 进行了冰雹切片实验, 分析研究了雹谱、雹击带和冰雹的微物理结构特征。应用天气图、雷达探测冰雹云回波和探空资料, 分析了冰雹云形成的天气条件、大气层结和冰雹云回波结构。

关键词: 冰雹云 冰雹微物理结构 雷达资料

1 概 况

2000年5月17日的降雹, 从雷达回波和卫星云图分析可看出, 造成降雹的冰雹云属于多单体雹云, 此次降雹的特点是: 持续时间长, 强度大、范围广。

1.1 降雹路径

通过雷达PPI回波分析和我们的实地调查, 此次强降雹的路径为: 冰雹云源于昌平区的北部, 于11:55形成一条东北—西南向的带状回波, 跨越密云、怀柔、顺义、昌平四个区县, 发展旺盛并自西北向东南方向移动。12:50首先在顺义的牛栏山、赵全营乡开始降雹, 13:00怀柔东南部出现降雹; 冰雹云继续向东南方移动, 其中部在密云降雹, 然后雹云移入平谷境内, 13:50在平谷境内开始降雹; 以后雹云移动缓慢, 并与14:30在通县生成的冰雹云会合加强, 通县于14:57出现降雹。此次降雹过程于16:00左右结束。

1.2 降雹强度

冰雹云降雹的强度取决于冰雹的大小和降雹的持续时间, 一般冰雹云降雹为冰雹与雷雨同时存在, 且先雨后雹, 但5月17日的降雹过程, 顺义的牛栏山、赵全营乡等

地, 尤其是相各庄村, 是先雹后雨, 降直径为3~4cm的大冰雹较多。降雹持续10~15分钟, 密度40~50个·m⁻²。

此次过程, 各地降雹持续时间一般为10~15分钟, 冰雹直径一般为1.5~2cm, 大冰雹直径3~4cm, 收集到的最大冰雹直径5.4cm。

1.3 灾情

由于此次降雹持续时间长, 强度大, 因此造成的灾害较为严重, 我们主要对顺义区进行了现场调查, 在牛栏山、赵全营乡, 冰雹砸坏了许多农民居住的瓦房顶、太阳能装置、塑料大棚等, 农民放养的鸭子被砸死132只, 200hm²果树和葡萄, 砸落果叶, 枝条折断, 73.3hm²新嫁接成功的黄冠梨新芽被砸死, 866.7hm²小麦遭受损失。

2 天气形势

2.1 环流形势

在500hPa高空图上, 在降雹天气过程的前期, 新疆到贝加尔湖西侧为一高脊; 副高势力较弱; 贝加尔湖以南为低压活动区, 我国西北、华北地区受较强的西北气流控制, 东北地区存在一高脊, 朝鲜半岛与日本群岛间有一浅槽, 这种环流形势有利于冷涡

的形成和东移。

2.2 天气系统

造成此次降雹天气的蒙古冷涡,在5月17日08点500hPa高空图上,冷涡中心位于蒙古人民共和国东部的肯特山附近,涡的北部有 -17°C 冷中心相配合,槽线呈东北-西南向位于内蒙古地区,冷涡后部在西北气流控制下不断有冷空气向东南方向移动,700hPa高空图上涡后冷平流的南侵也较为明显,850hPa天气图上对应的则为西南气流,北京正好在 23°C 的暖中心边缘,处于槽前暖湿区内,低层空气非常湿润,温度露点差仅为 3°C ,再加上蒙古冷涡的影响,为这次强对流天气的发展提供了有利的条件。

2.3 大气层结稳定度

(1) 因高空有冷空气南下,所以就会出现大范围的位势不稳定区,取冷涡东南部的几个站分析了500hPa与850hPa等压面的假相当位温 θ_w (见表1)。可看出假相当位温随着高度而减小,且在张家口、北京一带差值较大。

表1 500hPa与850hPa θ_w 差值 $^{\circ}\text{C}$

时间	北京	张家口	呼和浩特	太原
5.16.08	-4	-5	-4	-1
5.16.20	-10	-8	-6	-2
5.17.08	-20	-18	-11	-2

(2) 从过程前一天与当天的温度对数压力图可以看出大气层结不稳定是逐渐发展的。表2是2000年5月16日08点~5月17日08点从温度对数压力图上计算的一些数值,从表2可以明显的看出对流凝结高度是下降的,抬升凝结高度也是下降的,而沙氏指数的绝对值却是增大,K指数也是增大的,这就说明当时的大气层结十分有利于冰雹等强对流天气的产生。

3 雷达回波

初始回波在11:12形成于十三陵水库的上空,强度30dBz,11:40,回波分成两部分,一部分保持原强度向东北移到昌平、

怀柔的交界处,另一部分减弱移到沙河附近。但11:55,两块回波均得到发展延长,形成一条东北-西南向的带状回波,长约90多公里,强度达到30dBz,强中心位于十三陵水库的上空。此阶段属于冰雹云的发生阶段,云体有不断的生消,垂直发展缓慢,强度不大于30dBz。

表2 北京站探空曲线计算数值

时间	对流凝结高度 /hPa	抬升凝结高度 /hPa	沙氏指数 / $^{\circ}\text{C}$	K指数 / $^{\circ}\text{C}$
2000.5.16.08	740	851.8	0.1	17.0
2000.5.16.20	800	885.4	-0.4	19.0
2000.5.17.08	860	904.7	-1.1	25.0

12:09回波面积进一步扩大,并有一块25dBz的回波移到密云地区。12:31回波带向东南方向移动,进入顺义、密云的平原地区。强对流云回波逐渐加强,强中心距测站40和80km处。

12:45回波带缓慢向东南方向移动,回波强度也迅速扩展(图1,见封二)。从12:48RHI回波图上可见强回波顶高又进一步发展,强回波顶高达到8.5km,回波强度为50dBz,正处于向冰雹云转变时段,回波强度增长速度为 $0.63\text{dBz}/\text{min}$,图2(见封二)。

12:50发展旺盛单体冰雹云在顺义牛栏山、赵全营一带开始降雹,持续了5~10分钟。在12:59PPI图上可看出在顺义和密云两地出现回波强度大于50dBz冰雹云回波,并在密云一带出现降雹(图3,见封二)。13:02强单体冰雹云降雹后,回波强度逐渐减弱,强回波顶高下降速度为 $50\text{m}/\text{min}$ (图4,见封二)。强对流云回波带逐渐向东南方向移去。

在13:19至14:24这一强对流云回波带,在移动过程由于受地形的作用,强单体得到增强发展成冰雹云,先后在平谷和通县地区又出现了降雹。

4 冰雹的微物理结构

冰雹的微物理结构研究,采用了锯雹弓、冷却箱和增倍照相机组成拍摄装置,应用偏振光照相技术获得冰雹切片样品,进行了观测分析。从冰雹切片可看到冰雹各层冰晶结构(形状、大小、走向、气泡大小、数密度等),从而借以推论冰雹在云中所经历的生长条件。

根据所得到的实验资料,在收集的冰雹中,球型、椭球型冰雹较多(见表3)。由于冰雹保存等原因,我们只成功进行了15个冰雹的切片工作,发现大多数冰雹胚为透明体,是冻滴,少部分雹胚为不透明体,是霰,另有一小部分无法确定(见表4),同时发现锥形或椭球形的雹胚有2/3是椭球形冰雹,其余的1/3是球形或不规则形;球形的雹胚有3/4长成球形冰雹。

表3 5月17日冰雹形状百分比

类型	个数	百分比/%
球形	29	54.7
椭球形	15	28.3
不规则	9	17
总数	53	100

表4 5月17日冰雹雹胚类型百分比

类型	个数	百分比/%
霰胚	4	26.7
冻滴胚	8	53.3
不确定	3	20
总数	15	100

从偏振光冰雹切片的照片上,我们能够看到,各层冰晶几乎都是沿径向排列成辐射状或瓣状结构,而气泡有球形、椭球形以及不规则等形状。在雹胚的外面由一些透明层和不透明层交替组成(如图5,见封二,冰雹切片1所示)。其中大冰雹主要是7层以上的层数,中等冰雹4~6层最多,小冰雹以2~5层为主。

同时我们发现比较大的冰雹表面几乎都长满许多半球形的“瘤子”,而小冰雹表面不具备此特殊的结构形态,从冰雹切片中(如图5,见封二,冰雹切片2所示)可看

到各个生长层的形状表现为弯弯曲曲,且边缘形状与冰雹表面很相似,“裂片”结构明显。“裂片”结构使冰雹表面变得很不规则,且表面积增大,因而冰雹内部的热量更易传输到周围空气中,冰雹更易长大,另外,冰雹表面的强迫对流热传输,也导致这一特殊结构的形成,有利于大冰雹的生长。

5 冰雹的谱分布

在调查收集到的冰雹中,以球形、椭球形的冰雹居多,我们进行了雹谱分析。分别取冰雹的长轴、短轴进行测量并统计、计算,得到冰雹的尺度分布,见图6。

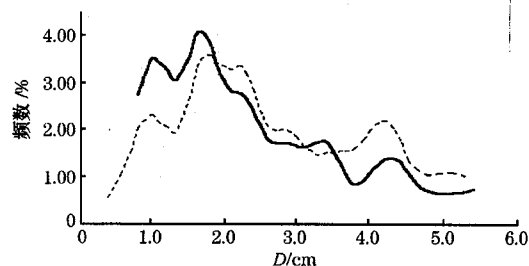


图6 2000年5月17日地面冰雹尺度分布

图中粗实线为长轴,细虚线为短轴

冰雹尺度一般为1.5~2.0cm,大的冰雹直径为3~4cm,最大冰雹直径为5.4cm。

6 冰雹的雹击带

Changnon等在1967年定义空间上连续、时间上连贯的降雹区称为“雹击带”,即冰雹云自身的降雹过程中,在地面上的反映就是雹击带。

5月17日降雹天气过程,位于带状回波移行的右段前沿,位于西南暖湿上升气流入云端的雷暴单体首先在顺义牛栏山、赵全营乡降雹。我们对顺义地区的降雹实况进行雹迹调查,在以牛栏山乡的相各村为中心向四周调查的40个村庄中,降冰雹尺度较大的村庄有18个,22个村庄降了较小的冰雹。我们绘制了顺义地区的雹击带。较大的冰雹雹击带约 $17 \times 6 \text{ km}^2$,较小的冰雹雹击带约 $23 \times 7.5 \text{ km}^2$ 。

(下转第25页)

7 小 结

(1) 北京地区 2000 年 5 月 17 日的冰雹天气, 主要是由蒙古冷涡天气系统所致。当天探空资料表明假相当位温随着高度而减小, 在张家口-北京一带 850hPa 与 500hPa 差值达到 $-18 \sim -20^{\circ}\text{C}$ 。大气层结很不稳定, 沙氏指数为 -1.1°C , K 指数为 25°C , 均达到降雹指标;

(2) 雷达探测强对流云团 PPI 回波呈带状自西北向东南方向移动和发展。回波强度从 25dBz 逐渐增强达到 50dBz, 强回波顶高 8.5km, 回波顶高为 10km, 仅用 40 分钟

即发展成冰雹云降雹, 其发展速度为 $0.63\text{dBz}/\text{min}$, 降雹后强回波高度衰减率为 $50\text{m}/\text{min}$;

(3) 冰雹的形状多为球形和椭球形, 少量不规则形状。大冰雹表面存在“瘤子”状的特殊形态。冰雹尺度一般为 $1.5 \sim 2.0\text{cm}$, 大的冰雹直径为 $3 \sim 4\text{cm}$, 最大冰雹直径为 5.4cm 。这些为进一步研究冰雹的形成机制提供了科学数据。

致谢: 郭恩铭老师参加了本文部分工作并给予指导和帮助, 在此表示感谢!

A Case Study of Synoptic Process and Inner Structure of Hails in Beijing

Jin Yongli Zhang Qiang

(Beijing Weather Modification Office, 100089)

Abstract

To investigate the process of the hailstorm on 17 May 2000, some hail samples are collected, photos of hail slices are taken, and the characters of the band pattern, spectra and inner structure of the hails are analysed. Along with synoptic chart, hailstorm echoes and rawinsonde observation, the weather condition and atmospheric stratification under which hailcloud form are analysed and hailstorm echoes are investigated.

Key Words: hailcloud inner structure of hails echo

《北京地区一次降雹过程和冰雹微物理特征》附图

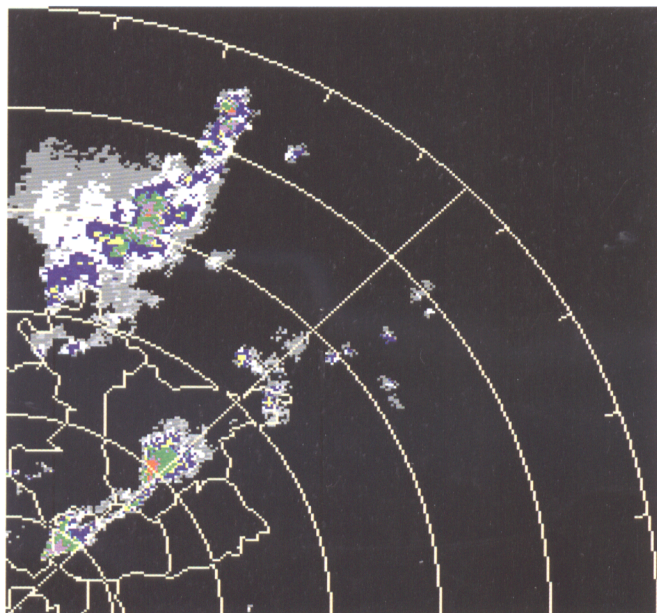


图 1 12:45 PPI 回波
仰角:1.5° 圈距:40km

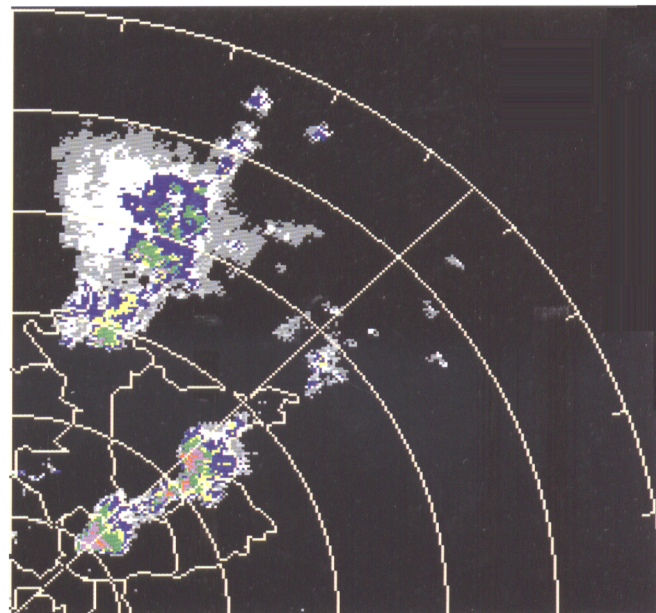


图 3 12:59 PPI 回波
仰角:1.5° 圈距:40km

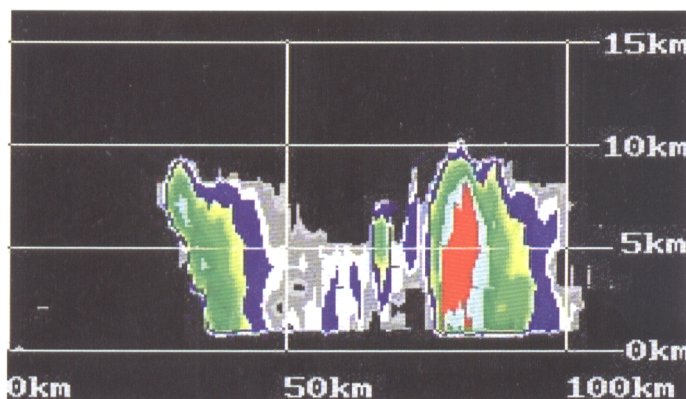


图 2 12:48 RHI 回波

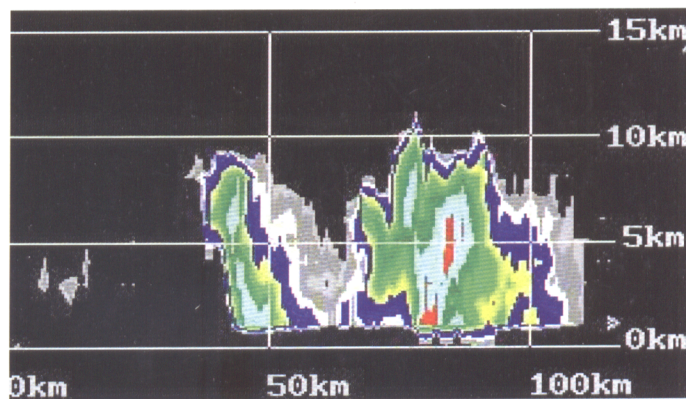
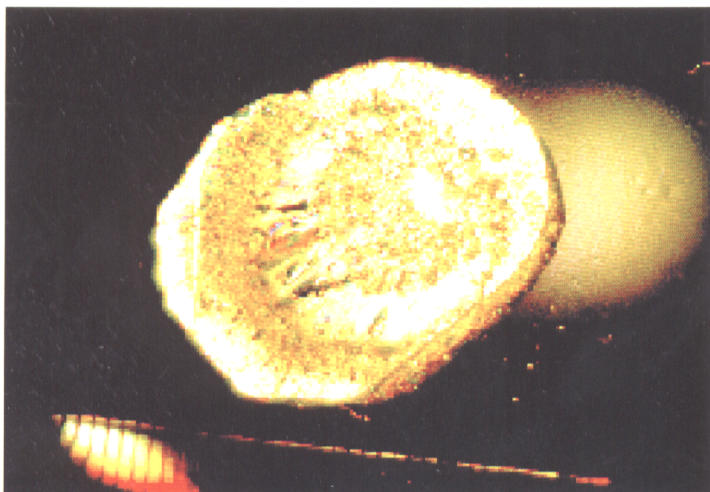
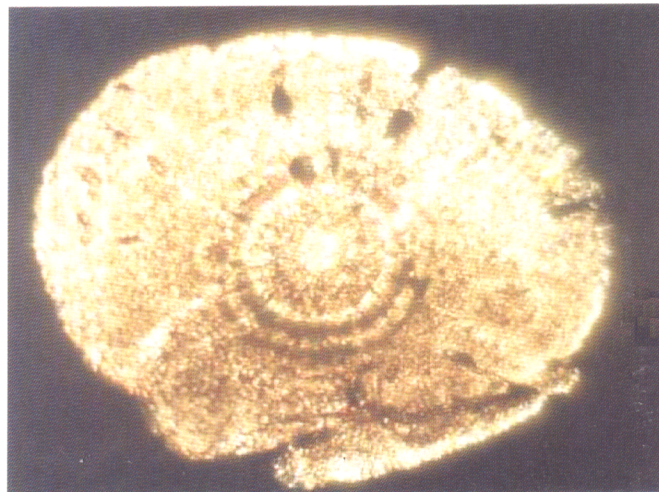


图 4 13:02 RHI 回波



切片 1



切片 2

图 5 冰雹切片