

# 一次降雹过程的分析

郭恩铭 宫福久 马德明 相和俊 范维东\*

(国家气象局) (辽宁省人工降雨、防雹办公室)

## 提 要

本文根据天气形势，雷达及高空、地面探测资料，分析了1989年9月4日在辽宁省绥中县防雹试验区的一次降雹过程。

## 引 言

1989年6—9月在辽宁省绥中县防雹试验区进行了雷达探测雹暴，高空温、湿、压、风的探测，地面气象要素观测和冰雹结构等研究工作。历时4个月出现了5次降雹过程。本文分析了9月4日的一次降雹过程。

## 一、天气形势

1989年9月4日08时500hPa高空图上，东北、华北和内蒙古地区有一冷槽，冷中心在东北地区的北部，槽线自北京沿华北平原

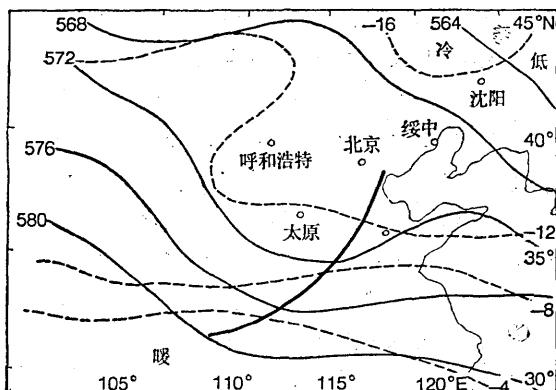


图 1 1989年9月4日08时500hPa高空图

虚线为等温线；实线为等高线，下同

\*李竹林、高名忍同志及3729部队的有关同志参加了观测工作。

经过郑州到四川东部地区，内蒙古到华北一带为宽广的高空槽（见图1）。

08时850hPa图上，华北和东北地区的西部到内蒙古东部是经向发展较强的暖舌（图2）。从图2可看到，冷气团在贝加尔湖西北部，槽线在冷气团的前部贝加尔湖地区经蒙古到四川一带。在我国内蒙古东部地区的暖舌中有一闭合的低压中心，自低压中心经北京到郑州有一短波小槽，槽前有西南风急流。这支西南风配合暖平流沿着渤海湾中的

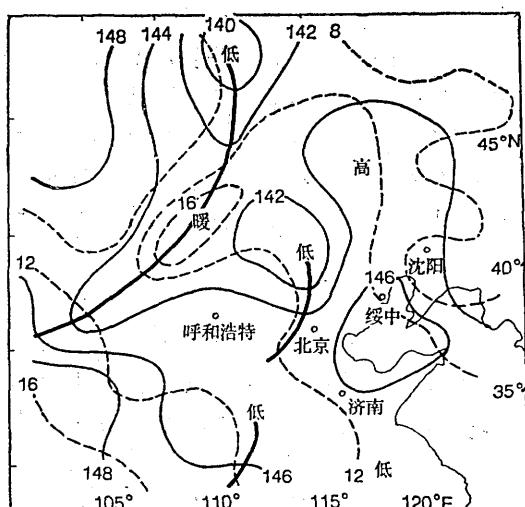


图 2 1989年9月4日08时850hPa高空图

高压中心西北部，将暖湿空气向辽西一带输送，午后前倾槽已影响测站。

08时的地面天气图上，呼和浩特西北侧有一低压中心，冷锋向西南方向伸展，在呼和浩特和北京之间有一个雨区（见图3）。14时地面天气图上，冷锋已接近呼和浩特地区，在冷锋前暖区内，北京、天津和山东沿海一带有雷阵雨天气。

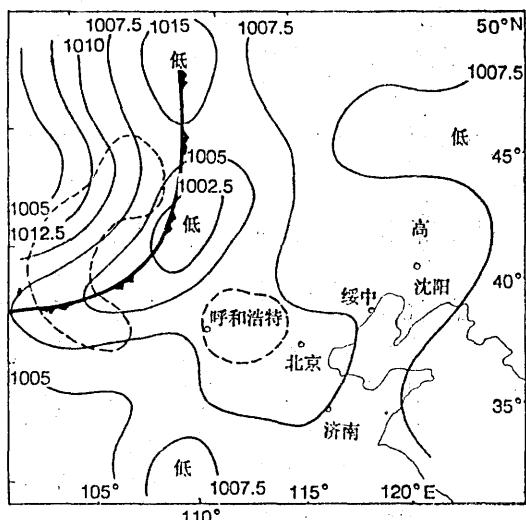


图 3 1989年9月4日08时地面图  
虚线为阵雨区

9月4日14时，卫星气象中心接收的NOAA-10卫星云图（图略）上，在北京、天津和山东地区有一大片云区，这是地面冷锋天气系统前部的云场分布。从卫星云图中能很明显的看到对流单体是雷雨云和冰雹云，图中的右侧有由西北向东南移动的强对流单体，即是绥中县李家村附近降雹的冰雹云。

## 二、大气层结条件

1989年9月4日06时33分，本站施放探空气球，探测温、湿、压和风。从温度对数压力图解（图4）可看到，近地层有逆温存在，850hPa以下为稳定能量区，850—380hPa为不稳定能量区，380hPa以上为稳定能量区。在850hPa高度上风向 $293^{\circ}$ ，风速为 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，风速随高度增大；600hPa高度上风向

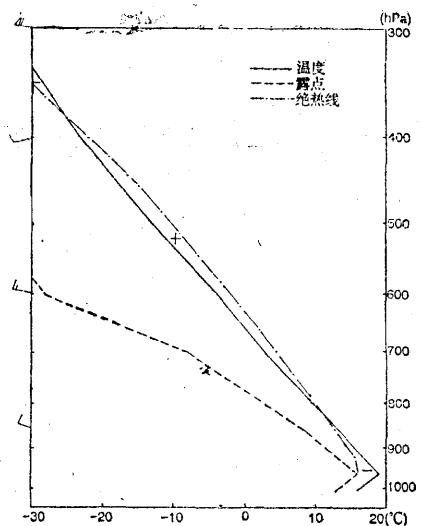


图 4 1989年9月4日06时33分探空资料

为 $276^{\circ}$ ，风速为 $6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；400hPa风向为 $260^{\circ}$ ，风速逐渐减小为 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ；但在300hPa，风向为 $273^{\circ}$ ，风速为 $21\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ，出现风的切变和高空强的风速。在图4中可见到大气层结的不稳定能量区，从早晨开始逐渐增大，不稳定能量达到 $279.37\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，沙氏指数达到 $0.3^{\circ}\text{C}$ ， $\Delta\theta_{se}$ 为 $-2^{\circ}\text{C}$ ，非常有利于积雨云发展，进而发展成冰雹云降雹。

## 三、地面观测云和降雹实况

05时地面观测有卷云，云量为2，06时开始云已布满全天；10时高空仍是卷云，低层出现层积云，云量为9；12时天空全是卷云和层积云，有少量的积云。

12时观测气温 $25^{\circ}\text{C}$ ，14时气温下降到 $18^{\circ}\text{C}$ 。相对湿度12时观测为55%，14时增加到89%。气压12时为 $1006.5\text{hPa}$ ，14时下降到 $1004.8\text{hPa}$ 。风向先是东北而后转为西南风，风速由 $2\text{--}3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 增大到 $8\text{--}10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

13时李家防雹点观测西北方向有积雨云向测站移来，云砧伸展很快。14时08分，在防雹点有少量降雹，很短时间即停止，开始降雨。14时15分开始降雹，冰雹尺度5—21mm，密度很大，23分降雹停止，又开始降雨，降雨量为23mm。

#### 四、雷达探测冰雹云

9月4日14时711雷达开机观测，测站西南方 $240-250^{\circ}$ 之间，有一长条带状回波，由西北向东南方向移动，其北侧还有两块回波。带状回波经过衰减 $40\text{dBz}$ 时，可看出是由多个强单体对流云组成，回波面积为 $350\text{ km}^2$ （见图5）。这个带状回波在李家村附近发展成冰雹云降雹和降阵雨，回波移速很快达 $40\text{km}\cdot\text{hr}^{-1}$ 。

强回波中心部位RHI回波顶高 $9.1\text{km}$ ，顶部起伏不平，向前伸展呈砧状，主体前部

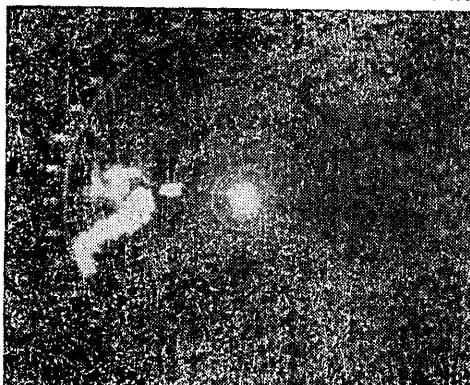


图 5 冰雹云PPI回波

14:05, 仰角 $3^{\circ}$ , 距离 $50\text{km}$

有悬挂回波，主体回波底部已接近地面，正处于降雹阶段。回波中部有窟窿区（图6A）。14时17分回波衰减 $20\text{dBz}$ 时，顶部向上凸起，砧状回波明显，强回波后部有悬挂回波（图6B）。14时19分回波衰减 $40\text{dBz}$ 时降雹主体部位仍很明显，后面还有一单体回波接地（图6C）。14时21分衰减到 $50\text{dBz}$ ，降雹带回波仍很明显，只在 $4\text{km}$ 高度处有很弱的回波（图6D）。

#### 五、冰雹微物理结构分析

9月4日14时15—23分降雹之后继续降雨，降雨量为 $23\text{mm}$ ，当时山坡上形成的径流，将冰雹冲积到低洼处北面的小水坑中，将雹冻结在一起，厚度约 $50\text{cm}$ 。降雹次日

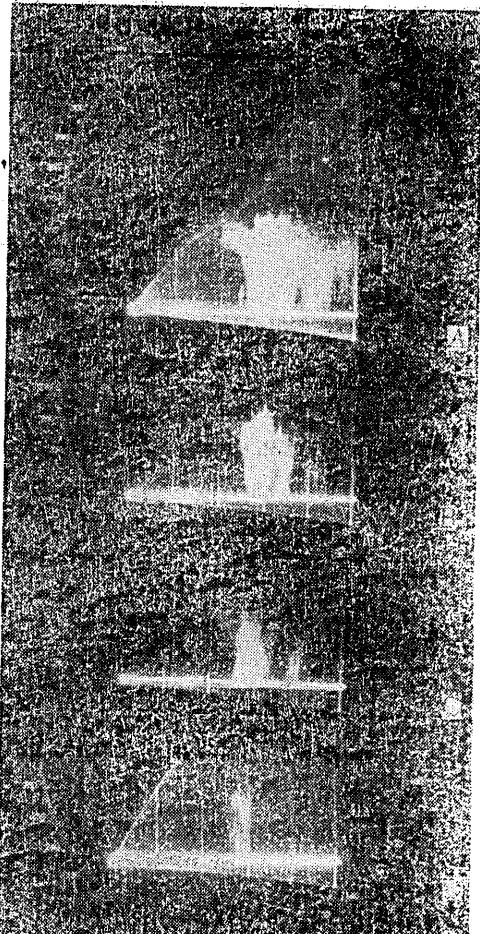


图 6 1989年9月4日14:15 RHI回波图

A:  $0\text{dBz}(14:15)$       B:  $20\text{dBz}(14:17)$   
C:  $40\text{dBz}(14:19)$       D:  $50\text{dBz}(14:21)$

上午9时，通过照像，取得4张样品照片。经过Q-900图象分析仪处理、计算，并考虑了冰雹表面的融化值，将取得的冰雹样品直径与降雹当时观测的最大和最小冰雹尺度对比后再进行订正，然后将冰雹形状分类。另外，在现场将冰雹融化，观测其核心，有的是霰，有的是冻滴，并进行了统计。

##### 1. 冰雹形状分类

从4张冰雹样品照片中选出691个冰雹，分为锥形，椭球形和球形3种形状，各形状所占比例列于表1。从表1可知，球形的冰雹较多，占89.6%，其次是锥形的，较少的是椭球形只占3.6%。球形较多的原因之一

表 1 各类冰雹的数量

样品序号 形状	1	2	3	4	总数	百分比(%)
锥形	11	14	18	4	47	6.8
椭球形	6	9	5	5	25	3.6
球形	38	145	202	234	619	89.6
总个数	55	168	225	243	691	100

是，近似球形都包括在球形之内。

## 2. 冰雹核心和多核心冰雹

霰和冻滴是冰雹形成的核心。在9月4日降雹资料中观测到冰雹核心的类别见表2。在691个冰雹中以冻滴为核心有57个占8.2%，

表 2 冰雹核心类别

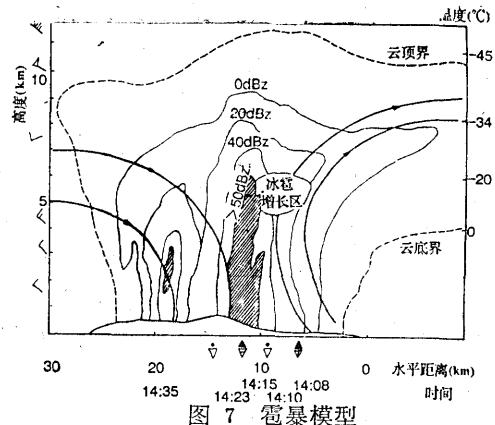
类别	冻滴	霰	多核心	总数
数量	57	632	2	691
百分比(%)	8.2	91.5	0.3	100

以霰为核心632个占91.5%。另外，还观测到两个多核心冰雹，一个以4个霰为核和一个以两个冻滴为核心的冰雹。这种多核心冰雹的现象表明在冻滴和霰形成区碰并几率虽然出现，但出现相互碰撞的几率很小，因而是少见的现象。在这次降雹过程中，冰雹核心多数是霰。

## 六、雹暴模型

我们根据9月4日雹暴雷达回波、探空、卫星云图，宏观照片及降雹过程中实际观测资料，分析绘制成雹暴模型，见图7。从图中可看到，云顶高近11000m，温度约-45℃，回波顶高9000m，强回波顶高6000m，回波强度>50dBz，零度层高度4000m。强上升气流在云体移动前部，而下沉气流在降雹、降雨的部位。

14时08分出现少量降雹，时间很短即停止，继而开始降雨。14时15—23分降雹颗粒不大，但密度很大。23分降雹停止，继续降雨。这次雹击带中，降雹密度最大地带长约



1000m，宽约500m，其它地区降雹密度较小[1—5]。

## 七、结语

9月4日过境的雹暴天气背景比较清楚，500hPa天气图上，华北和内蒙古地区有一冷槽，850hPa天气图上有前倾槽配合，在冷锋前暖区形成较强的辐合带，大气层结很不稳定，高空有强的风切变和急流区，都有利于雹暴的形成和发展。卫星云图的云场分布很清楚的看到对流云强单体位置。雷达探测正好是雹暴发展到降雹的时段，云体强回波结构比较典型，取得一次很好的资料，并与其它观测资料综合绘制成雹暴模型，为人工防雹作业研究得到一个很理想的个例。冰雹微结构特点是密度大，冰雹尺度在5—21mm之间。多球形冰雹，多数以霰为核心，并有少数多核心冰雹。据分析，这次冰雹多在-20—-30℃之间的空域中形成[1—5]。

## 参 考 文 献

- (1) 郭恩铭，冰雹云降雹过程的观测与分析，气象科学技术集刊，第2期，1981年。
- (2) 华北大范围雹暴的天气学研究，气象出版社，1982年。
- (3) 张纪淮，中高层冷平流对雹云发展的影响，气象科学技术集刊，第2期，1981年。
- (4) 张沛源，悬挂回波与下沉气流，气象科学技术集刊，第9期，1985年。
- (5) 王雨增，张家口地区降雹的初步统计分析，气象科学技术集刊，第9期，1985年。