

# 沂蒙山区东北部冰雹特征及预报

刘龙章

(山东潍坊市气象局, 261011)

## 提 要

通过分析沂蒙山区东北部4县市冰雹天气特征,归纳出造成该区域冰雹天气的4种主要天气形势和5条主要冰雹路径以及雹灾多发时段为5~6月份。据此分型建立了5~6月份短期预报方程,依据雷达探测数据建立了雹云和雷雨云的短时判别指标。

关键词: 沂蒙山区 冰雹 判别指标

## 引 言

沂蒙山区东北部4县市(青州市、临朐县、昌乐县、安邱市,见附图)是潍坊市及山东省降雹较多的地区。以临朐年降雹次数最多,年最多降雹次数达7次(1982年)。该4县市又常是潍坊市降雹天气过程最早出现的地区。探讨该地区冰雹的发生规律、特征,是作好潍坊市冰雹预报和防雹工作的关键。

## 1 冰雹概况

### 1.1 4县市冰雹的气候特征

统计1964~1996年资料,4县市冰雹最

早出现时间是3月11日夜间(1975年临朐、青州一带)。最晚出现时间是11月25日(1993年安邱、昌乐一带)。该地区冰雹一年有两个高峰期:5~6月份和9月份。其中5~6月份降雹占全年的57.6%,9月份占12.1%。据各县市的灾情报告统计,农业直接经济损失最严重的雹灾均发生在5~6月份。4县市逐月降雹次数见表1。

表1中1964~1989年资料取自4县市报表,其中1县市有冰雹即为1个雹日。1990~1996年资料取自4县市报表和人工降雨

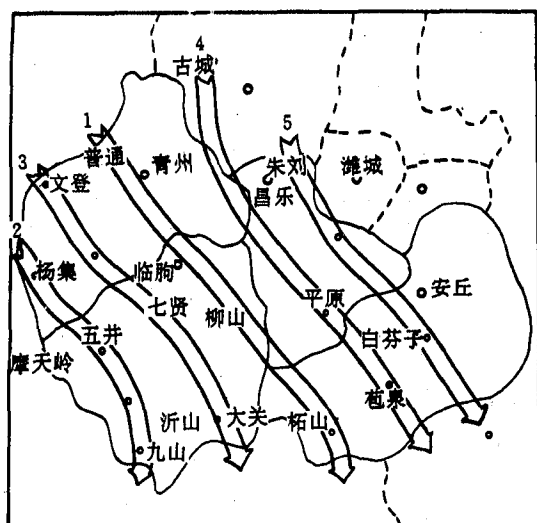
防雹作业记录,4县市范围内只要出现冰雹就统计为1个雹日。

表1 1964~1996年逐月降雹次数

月份	次数	占总数%
3	1	1.0
4	10	10.1
5	25	25.3
6	32	32.3
7	9	9.1
8	2	2.0
9	12	12.1
10	6	6.1
11	2	2.0
合计	99	100

### 1.2 冰雹路径

冰雹出现在一定的大气环流背景下,具体路径、落点与下垫面特征(如山脉走向等)关系十分密切。该4县市冰雹路径十分有规律,除15次冰雹(占15.2%)于沂山附近的九山、嵩山等地生成后移入安邱等地消失外,另外84次冰雹有以下5条路径(见附图)。



附图 沂蒙山区东北部冰雹路径分布

① 自淄博市经青州市的普通、五里、弥

河、东坝入临朐的龙岗、上林、柳山、昌乐的白塔、安邱的牛沐、吾山、柘山入沂水。共发生17次冰雹。占17.2%。

② 自淄博经青州的朱崖、杨集、临朐的五井、寺头、九山入沂水。共发生15次冰雹,占15.2%。

③ 自淄博经青州的文登、王坟进入临朐的纸坊、七贤、卧龙、蒋峪、大关入沂水。共发生21次冰雹,占21.2%。

④ 自寿光的古城经昌乐的北展、平原进入安邱的夏坡、雹泉、歧山后人诸城。共发生19次冰雹,占19.2%。

⑤ 自寿光经昌乐的朱刘店、马宋、阿陀进入安邱的白芬子、官庄后人诸城的石桥子。共发生12次冰雹,占12.1%。

## 2 冰雹的预报

根据观测和简单的计算推测,形成冰雹所需要的主要条件有:

① 足够强的上升气流,大气层结强烈不稳定。根据南京气象学院周文贤计算,当云中上升气流达到  $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以上时,才能托住直径大于  $1.6\text{cm}$  的雹粒。

② 丰富的含水量。要求云中负温区(即冰雹生长区)含水量一般应大于  $10\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ,且多为过冷却水。

③ 适宜配置的负温区。一般当云顶温度小于  $-20^\circ\text{C}$ ,最大上升气流区在  $0^\circ\text{C}$  层附近,高含水量区或含水量累积区在  $0 \sim -20^\circ\text{C}$  区。

当3个条件都适合时,往往形成冰雹。这些条件和天气形势密切相关。

### 2.1 冰雹天气形势特征

我们对1964~1996年发生在4县市的99次冰雹天气过程按冰雹发生当天08时700hPa图上的影响系统,归纳出以下特点:造成该区域冰雹天气的主要形势是西风槽和西北冷涡,它们分别占总降雹次数的47.5%和24.2%。此外尚有18.2%的冰雹天气是由

蒙古横槽,渤海冷涡造成的。由沂蒙山区的特殊下垫面而产生的局地冰雹仅占10.1%,且范围小,灾情轻微,直接经济损失均在10万元以下。如1985年5月25日,临朐的大关镇蒲沟村附近降雹,受灾面积仅100hm<sup>2</sup>,直接经济损失1.5万元。4县市降雹日的天气形势见表2。

表1 1964~1996年降雹日08时700hPa形势统计

天气形势	降雹次数	百分比%
西北冷涡	24	24.2
西风槽	47	47.5
蒙古横槽	8	8.1
渤海冷涡	10	10.1
局地	10	10.1
合计	99	100

## 2.2 冰雹的短期预报

由于该4县市降雹次数最多、灾情最严重的冰雹天气均发生在5~6月份,所以5~6月份是防雹减灾的关键时期。因而重点制作了该区域5~6月份冰雹短期预报方法和雹云的短时判别指标。

首先按08时700hPa图上出现的天气形势进行分类。对每一类型经过检验,选取信度大于0.10的单因子3~4个,分别进行(0,1)化处理。再用多因子综合相关法计算,建立每个天气类型下的冰雹预报判别方程。然后按历史概括率最高原则确定方程的临界值 $y_c$ ,作出有无冰雹的预报。

### 2.2.1 西风槽型

08时700hPa图上,凡在35~50°N、100~120°E区域内有冷槽存在,作为起报日。4个单因子为: $x_1$ :08时济南 $k$ 指数。

$$k_{\text{济南}} = T_{850} - T_{500} + Td_{850} - (T - Td)_{700}$$

$k$ 高值区为不稳定区,当 $k \geq 26$ 时取为1,否则为0。其中 $T_{850}$ 、 $T_{500}$ 、 $Td_{850}$ 、 $(T - Td)_{700}$ 分别为济南850hPa温度、500hPa温度、850hPa露点、700hPa温度露

点差。

$x_2$ :济南沙氏指数 $S_i$ 。

$$S_i = T_{500\text{环境}} - T_{500\text{质点}}$$

其中, $T_{500\text{环境}}$ 为济南500hPa温度、 $T_{500\text{质点}}$ 为济南上空气块自850hPa上升到500hPa时的温度。

若 $S_i > 0$ 时,大气属稳定状态; $S_i = 0$ ,大气属中性状态; $S_i < 0$ ,大气属不稳定状态。 $S_i < 0$ 时其绝对值越大,大气层结越不稳定。当 $S_i \leq -1^\circ\text{C}$ 时取为1,否则为0。

$x_3$ :指标站临朐14时的24小时变温, $\Delta T_{24} > 0$ 时取为1,否则为0。

$x_4$ :700hPa图上,35~50°N、100~120°E范围内,温度槽落后于高度槽,或高度槽后有闭合冷中心存在,高度槽后存在明显冷平流。槽后等高线与等温线至少各有一条的交角 $\geq 30^\circ$ 时取为1,否则为0。该因子表征了高空冷空气的活动情况。

判别方程为:

$$y_1 = 0.61x_1 + 0.59x_2 + 0.53x_3 + 0.69x_4 \quad (1)$$

临界值 $y_{1c} = 1.52$ 。当 $y_1 \geq 1.52$ 时,报次日有冰雹影响,当 $y_1 < 1.52$ 时,报次日无冰雹影响。以上方程历史拟合率为89%,预报准确率77%。

### 2.2.2 西北冷涡型

08时700hPa图上,凡在35~48°N、100~115°E区域内有冷涡存在,作为起报日。

该型所选4个因子中 $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ 同上。

$x_5$ :08时700hPa图上,呼和浩特24小时变温 $\Delta T_{24} < 0$ 时定为1,否则为0。

判别方程为:

$$y_2 = 0.56x_1 + 0.58x_2 + 0.62x_3 + 0.67x_5 \quad (2)$$

临界值 $y_{2c} = 1.53$ 。当 $y_2 \geq 1.53$ 时,报次日有冰雹影响,当 $y_2 < 1.53$ 时,报次日无冰雹影响。该方程的历史拟合率为87%,预报准确率72%。

### 2.2.3 蒙古横槽型

08时700hPa图上,凡在40~50°N、100~120°E区域内有蒙古横槽存在,作为起报日。

4个因子中  $x_1, x_2$  同上。

$x_6$ :700hPa图上,过去24小时横槽南移 $\geq 5$ 个纬距,或者横槽附近有冷中心(或冷温度槽),在槽线附近或超前,取为1,否则为0。

$x_7$ :指标站临朐14时的24小时变温 $\Delta T_{24} > 4^\circ\text{C}$ 时,取为1,否则为0。

判别方程为:

$$y_3 = 0.54x_1 + 0.58x_2 + 0.76x_6 + 0.51x_7 \quad (3)$$

临界值  $y_{3c} = 1.49$ 。当计算出  $y_3 \geq 1.49$  时,报次日有冰雹,当  $y_3 < 1.49$  时,报次日无冰雹影响。此方程的历史拟合率为85.7%,预报准确率60%。

### 2.2.4 渤海冷涡型

08时700hPa图上凡在36~45°N,115~125°E范围内有渤海冷涡存在,作为起报日。

单因子选取了3个: $x_8$ :08时济南上空 $T_{850} - T_{500} \geq 28$ 时取为1,否则为0。 $x_9$ :指标站临朐14时吹偏南风时,取为1,否则为0。 $x_{10}$ :指标站临朐14时24小时变温 $\Delta T_{24} \geq 5^\circ\text{C}$ 时,取为1,否则为0。

判别方程为:

$$y_4 = 0.56x_8 + 0.61x_9 + 0.57x_{10} \quad (4)$$

临界值  $y_{4c} = 0.87$ 。当  $y_4 \geq 0.87$  时,报次日有冰雹,当  $y_4 < 0.87$  时,报次日无冰雹影响。此方程的历史拟合率为75%,预报准确率50%。

### 2.3 冰雹云的短时判别

利用潍坊市现有的711型雷达资料,分析研究了1991~1996年5~6月份26个雹云回波个例(4县市范围内有一县市出现冰雹即为一个雹云回波个例)和68个非冰雹云(雷雨过程)回波个例。统计结果见表3。

表3 回波特征

要素	雹云	雷雨云
$Z_r$ /dBz	42.5	37.1
$H_r$ /km	11.0	8.2
$H_c$ /km	7.8	5.1

根据以上统计分析,我们按拟合率最高原则,探讨了冰雹云的短时判别方法:

① 回波强度  $Z_r$ :回波强度直接反映了云中质粒的大小、相态和云中含水量的多少。711雷达观测表明,冰雹云的回波强度大多在40dBz以上。有时雷雨云内含水量较大时,也会出现40dBz的回波强度。冰雹内可观测到一个强回波中心,而且这个特点越明显,降雹概率越大。按拟合率最高原则,我们把回波强度 $\geq 40\text{dBz}$ 作为冰雹云判别的必要条件之一。

② 回波顶高  $H_r$ :它表征了大气中水汽和上升气流的综合情况。因为只有有了较充足的水汽和强大的上升气流,才能使云顶发展较高,并保证云中雹粒能增长到足够大。5~6月份温度达到 $-20^\circ\text{C}$ 层高度平均在7km以上, $-40^\circ\text{C}$ 层高度平均在9km以上。考虑云滴冻结,我们把回波顶高  $H_r$  超过9km作为冰雹云判别的另一必要条件。

③ 强回波顶高  $H_c$ :强回波顶高表征了云中水凝物累积带处的高度和上升气流状态。这又是冰雹云区别其他云的一个重要特征。影响该地冰雹云的强回波一般都在40dBz左右,其强回波顶高 $\geq 7\text{km}$ ,7km以下多为雷雨云。所以我们把强回波顶高 $\geq 7\text{km}$ 作为冰雹云判别的又一必要条件。

将以上3项指标(0,1)化处理,即达到指标标准时取为1,否则为0。

判别指标:

$$y = Z_r + H_r + H_c \quad (5)$$

$y = 3$ 时,定为冰雹云,否则定为雷雨

云。该指标拟合率为 78.6%。

### 3 个例分析

1997年5月5日预报5月6日的天气。根据5月5日08时700hPa天气形势。可以定为西风槽型,按方程(1)

$x_1$ : 5月5日济南站  $T_{850} = 16^\circ\text{C}$ ,  $T_{500} = -11^\circ\text{C}$ ,  $Td_{850} = 8^\circ\text{C}$ ,  $T_{700} = 2^\circ\text{C}$ 。所以  $k = 29 > 26$ , 取为 1。

$x_2$ : 由济南  $T_{850} = 16^\circ\text{C}$ ,  $(T - Td)_{850} = 8^\circ\text{C}$  查出  $T_{500\text{质点}}$  为  $-12^\circ\text{C}$ <sup>[1]</sup>。而环境温度  $T_{500\text{环境}} = -11^\circ\text{C}$ ,  $Si = 1 > 0$ , 取为 0。

$x_3$ : 临胸5月4日14时温度为  $20.5^\circ\text{C}$ , 5月5日临胸14时温度为  $26.1^\circ\text{C}$ ,  $\Delta T_{14} = 26.1 - 20.5 = 5.6 > 0$ 。取为 1。

$x_3$ : 5月5日08时700hPa图上,温度槽明显落后于高度槽,高度槽后冷平流明显,槽后等温线等高线交角明显大于  $30^\circ$ , 取为 1。

$$y_1 = 1.83 > 1.52$$

所以报未来24小时有冰雹影响。5月5日潍坊预报“夜间到明天,阴有雷阵雨,局部有冰雹”。并通知各县市作好防雹准备。

5月6日10时30分,首先在临胸、青州一带发现对流云后,经711雷达观测,回波强度45dBz,回波顶高12km,强回波顶度8.5km。按判别方程  $y = Z_s + H_s + H_c = 3$ , 判为冰雹云。所以我们指挥各炮点防雹作业,雹云附近每炮点发射碘化银炮弹20~40发。于11~12时,各有关炮点作业后,大体距高炮半径3km、近  $25\text{km}^2$  范围内,未见冰雹。但距高炮3km半径之外的地方,出现了成灾冰雹。据4县市灾情报告,以临胸南部蒋峪镇、大关镇、沂山乡、杨家河乡、石家河乡等未设炮点的乡镇灾情最重,降雹时间10~20分钟,平均雹径2.5cm,最大雹径3.5cm,直接经济损失300万元。

由于炮点及时作业,化雹为雨,增雨效果也很明显。降水量临胸15.4mm,安邱2.7mm,青州12.1mm,昌乐11.9mm。

### 参考文献

- 1 朱乾根等著. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社, 518.

## The Characteristics of the Hail Cloud over the Northeast of Yimeng Mountain in Shandong Province and Its Forecast Test

Liu Longzhang

(Weifang Meteorological Office, Shandong Province 261011)

### Abstract

The characteristics of the hail weather over four cities at the northeast of Yimeng mountain in Shandong province were analysed. 4 major weather conditions of hail occurrence and 5 major hail cloud moving trace were presented. The result showed when the hail weather occurred was most frequent in May and June. Therefore, a serial of short-range forecast equations for May and June were established, and a short-range criteria for distinguishing hail cloud and thunder rain cloud was suggested by using radar sounding.

**Key Words:** Yimeng mountain hail criteria index