

文章编号: 1004-4574(2007)02-0034-06

# 长治市冰雹气候特征及预报研究

王正旺<sup>1</sup>, 庞转棠<sup>1</sup>, 姚彩霞<sup>2</sup>, 李拽英<sup>2</sup>

(1 长治市气象局, 山西 长治 046000 2 山西省气象局, 山西 太原 030002)

**摘要:** 对 1980-2003 年长治市冰雹天气的气候背景进行了统计分析, 明确了冰雹发生的时空尺度, 地理分布, 月、年际变化, 冰雹发源地以及冰雹主要影响路径; 利用 500 hPa 天气图, 给出了降雹的天气形势及高空冷空气的活动路径; 分析了冰雹天气的 0°C 层高度、-20°C 层高度、水汽条件和稳定度等参数; 采用最优子集回归方法对 850 hPa 和 500 hPa 高空指标站进行了选取, 分析了这些站点及本站 14 时 (压、温、湿、风) 的气象要素, 建立了综合性预报模型。

**关键词:** 冰雹; 气候特征; 天气形势; 预报参数; 预报模型

中图分类号: P458.1<sup>+</sup>21.2 文献标识码: A

## Study on characteristic and forecast of hail climate in Changzhi City

WANG Zheng-wang<sup>1</sup>, PANG Zhuan-tang<sup>1</sup>, YAO Cai-xia<sup>2</sup>, LI Zhua-ying<sup>2</sup>

(1. Changzhi Municipal Meteorological Bureau, Changzhi 046000, China

2. Shanxi Meteorological Bureau, Taiyuan 030002, China)

**Abstract** This paper statistically analyzes climatic background of hail weather in Changzhi City during 1980-2003, clarifies hail's spatiotemporal dimension, geographic distribution, yearly and monthly change and source and its main influencing route. Using the synoptic chart of 500 hPa, the weather situation of hailfall and the moving path of cold air in high altitude are presented. The height of layers with 0°C and 20°C temperature, the water vapor condition and the stability for hail weather are analyzed. The stations for 850 hPa and 500 hPa high altitude indices are chosen with optimal subset regressive technology. Meteorological factors such as air pressure, temperature, humidity and wind at 14:00 from these stations and from Changzhi Station are analyzed and an integrated forecast model is established.

**Key words** hail; climate characteristic; weather situation; forecast parameter; forecast model

长治市位于山西省东南部, 处于东经 111°55' ~ 113°44', 北纬 35°48' ~ 37°08' 之间。总面积为 13 968 km<sup>2</sup>, 其中山地、丘陵占总面积的 80.48%, 平川和盆地仅占 19.52%, 属暖温带半湿润大陆性季风气候区, 由于处于特定的地理环境条件, 冰雹天气成为主要灾害, 每年给人民生活 and 工农业生产带来巨大的损失。

1987年7月6日下午3-5时长治市的城郊区、长治县、长子县、沁县发生冰雹、洪涝、大风灾害, 其中长治县在2h的降雨量为150mm, 引起山洪爆发, 并伴有8级大风和冰雹, 雹粒直径达3.5mm, 最大积雹厚度5~10cm; 沁县有60个村庄遭受冰雹灾害, 冰雹最大直径达到了42mm, 有2000hm<sup>2</sup>作物被冰雹砸毁; 长子

收稿日期: 2005-10-10 修订日期: 2006-04-05

基金项目: 长治市星火科技项目 ([2006]27)

作者简介: 王正旺 (1956-), 男, 高级工程师, 主要从事天气预报分析研究. E-mail: wzwpz@sohu.com

县有 16 个乡镇、110 个村遭受冰雹、大风和洪水的严重袭击, 冰雹打伤 7 人, 砸烂水果 31 t, 冲毁沟坝、渠道 310 m, 桥梁 2 座, 围墙 420 m, 冲刮倒电杆 24 根, 刮断电线 300 m, 房屋进水 1 024 户, 倒塌房屋 61 间, 冲倒树木 3 万余株, 冲走煤炭 1.3 万 t, 粮食 35 t, 冲淹死大牲畜家禽 2.5 万只, 这是有史以来较为严重的一次冰雹、洪涝、大风灾害天气 (受灾损失数据取自 1987 年《长治市气象年鉴》)。

基于冰雹灾害天气, 从气候特征及天气形势、预报参数、综合预报模型方面作了进一步的分析研究, 在冰雹预测和防灾减灾中起到了积极的气象保障作用。

# 1 冰雹气候特征分析<sup>[1-2]</sup>

## 1.1 地理分布特征

由于长治市地理气候复杂, 冰雹发生的频次地理分布极不均匀。对 1980-2003 年各县 (市) 冰雹进行统计, 图 1 可见, 长治市东南部的潞城市、壶关县、平顺县和北部的武乡县为冰雹多发区 (冰雹次数分别为 46, 45, 45, 42 次); 相对较少的区域是中部的襄垣县和屯留县 (冰雹次数分别为 20, 19 次), 其它 5 县冰雹次数在 34~39 次。

## 1.2 冰雹发生时间与月际分布特点

长治冰雹天气发生在 3 月上旬至 10 月, 最早出现时间为 1982 年 3 月 14 日 (长子县), 最晚时间为 1985 年 10 月 30 日 (壶关县和屯留县)。冰雹在夜间发生机率占总次数的 7%; 上午 8 至 12 时发生的机率仅占 2%; 91% 的冰雹天气出现在下午的 13 至 20 时, 主要原因是午后受太阳辐射产生强对流不稳定而造成的。

1980-2003 年 24 a 中冰雹逐月平均发生次数的分布特点如图 2 所示: 6 月是冰雹发生频次最多的月份 (10.2 次), 其次是 7 月、5 月、8 月和 9 月, 冰雹发生次数依次为 8 次、5.8 次、5.3 次和 4.8 次, 4 月和 10 月各为 1 次, 3 月平均冰雹次数仅为 0.1 次。

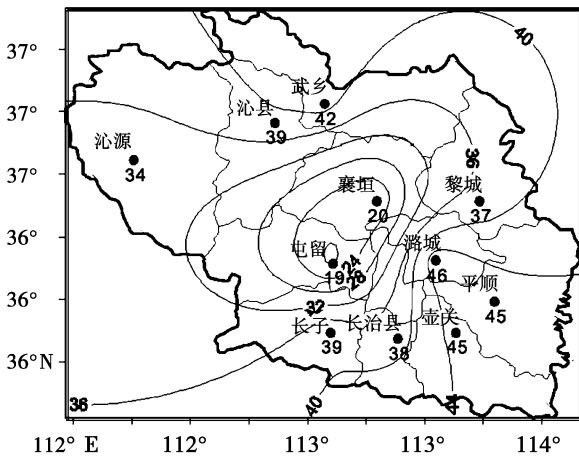


图 1 各县 (市) 冰雹总次数地理分布图

Fig 1 Distribution map of amount of hailing in counties (cities)

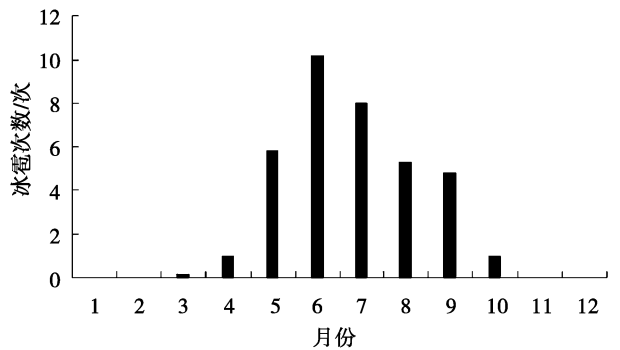


图 2 长治市逐月平均冰雹次数分布图

Fig 2 Distribution of average monthly times of hailing in Changzhi City

## 1.3 年际变化特征

由图 3 可见: 1980-2003 年逐年平均冰雹次数为 1.5 次, 其中 1985-1987 年是冰雹多发年, 年平均冰雹次数为 2.5 次; 1980 年没有冰雹发生, 另有 3 a 冰雹发生次数较少 (1994、1997 和 2000 年, 平均冰雹次数依次仅为 0.5、0.3 次、0.3 次)。从冰雹次数的线性拟合分析, 冰雹天气呈现出减少趋势, 减少速率为 0.25 次 / 10 a。

## 1.4 冰雹时空尺度与源地路径

长治冰雹天气过程的生命期一般为 1~3 h, 其水平尺度在 100~300 km; 移速多为 30~70 km/h, 山区降雹持续时间较短, 一般为十几分钟到几十分钟。

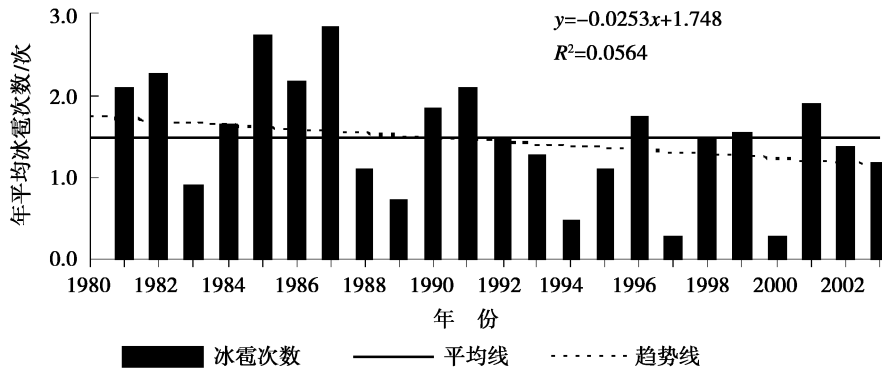


图 3 1980-2003年平均冰雹次数变化趋势

Fig 3 Variation trend of average yearly times of hailing from 1980 to 2003

冰雹发生源地及主要活动路径由图 4 可见: 冰雹发源地主要有 3 个, 第一发源地位于沁源县的绵山一带 (向东南延伸至长子县西北部, 然后转南移); 第二发源地位于武乡县的西北部山区 (向东南延伸出 3 条路径, 一条纵贯沁源县至杨安终止, 第二条斜插武乡县北部到蟠龙镇终止, 第三条斜插武乡县东南部至洪水南终止); 第三发源地位于屯留县老爷山一带 (向东南支出三条路径: 一条经屯留、长子、长治县终止; 第二条经长治市、壶关终止; 第三条经襄垣、平顺、潞城)。从 3 个冰雹源地的频次统计分析, 屯留县老爷山一带是冰雹多发源地, 而且路径分支多, 影响范围大, 降雹机率为 55%; 第二个源地降雹机率为 30%; 第一个源地降雹机率为 15%。通过冰雹源地及活动路径的分析, 为人工消雹准确布点提供科学决策依据。

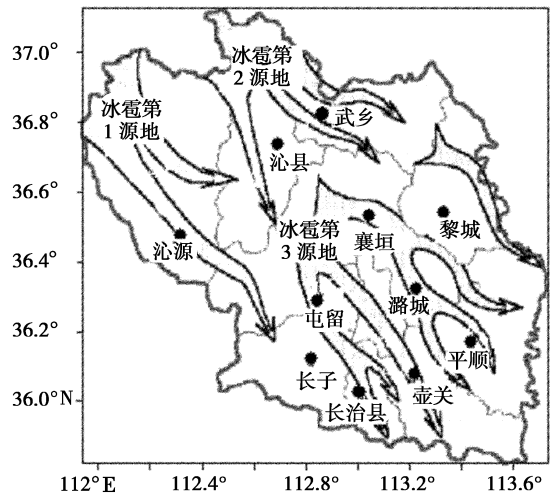


图 4 长治市冰雹源地及路径示意图

Fig 4 Sketch map of source and path of hailing in Changzhi City

## 2 500 hPa冷空气路径及天气形势

冰雹天气过程定义: 长治市所属 11 个县 (市) 一天内有 3 个或 3 个以上县 (市) 出现降雹, 定为一次冰雹天气过程。1980-2003 年共出现 34 次冰雹天气过程, 根据逐次冰雹个例, 对 500 hPa 的主要冷空气活动路径及降雹天气形势进行了分析。

### 2.1 冷空气路径

对 34 次冰雹天气过程的 500 hPa 冷空气活动路径分析, 影响长治较强的冷空气活动路径主要有 3 条:

第 1 条为偏西路径: 冷空气从 35~45°N, 65~85°E 范围沿 580 dagpm 线东移, 3 d 后影响长治产生降雹, 受偏西路径冷空气的影响机率为 28%。

第 2 条为西北路径: 冷空气从 50°N 以北, 80~100°E 范围沿 564 dagpm 线东移南下, 一般经蒙古进入河套地区, 2 d 后影响长治产生降雹, 受西北路径冷空气的影响机率为 30%。

第 3 条为偏北路径: 冷空气从 110~115°E, 50°N 以北范围沿 564 dagpm 线南下, 约 2 d 之后影响长治产生降雹, 受偏北路径冷空气的影响机率为 42%。

### 2.2 天气形势

造成长治降雹的前一天 08 时 500 hPa 形势主要有 3 种: 高空冷槽型、高空冷涡型、西北气流型。其中西北气流型造成长治产生冰雹机率较多。

#### 2.2.1 高空冷槽型

高空冷槽型共有 8 例, 均出现降雹天气, 其典型的环流特征由图 5 可见, 50°N 以南为纬向环流, 多小槽

活动,冷槽一般位于河套地区,由于冷槽后部带下的冷空气,在中上层移动快,低层移动慢,因而造成中低层垂直结构出现前倾槽,形成上干冷下暖湿的不稳定层结。此型未来 24 小时造成长治产生降雹的机率为 24%。

### 2 2 2 高空冷涡型

高空冷涡型共有 11 例,均产生降雹天气,其典型的环流特征由图 6 可见,在贝加尔湖以南和蒙古为闭合的冷低涡,冷涡中心位于 42~ 50°N 和 106~ 120°E 范围,冷涡配合有冷温度槽或冷中心,主要影响范围为 100°E 以东,32°N 以北的地区。由于冷涡在东南下过程中往往移速较慢,可连续几天对长治冰雹天气产生影响。此型未来 24 h 造成长治产生降雹的机率为 32%。

### 2 2 3 西北气流型

西北气流型共有 15 例,均产生降雹,其环流特征由图 7 可见:在 500 hPa 图上的东亚中高纬地区为一宽广且稳定的长波槽,温度槽落后于高度槽,在槽后西北气流里不断有小股冷空气下滑,而且风速垂直切变较强,促使低层暖湿空气的不稳定能量释放并形成冰雹。降雹影响区域主要为 100°E 以东,32°N 以北的地区。此型未来 24 h 造成长治产生降雹机率为 44%。

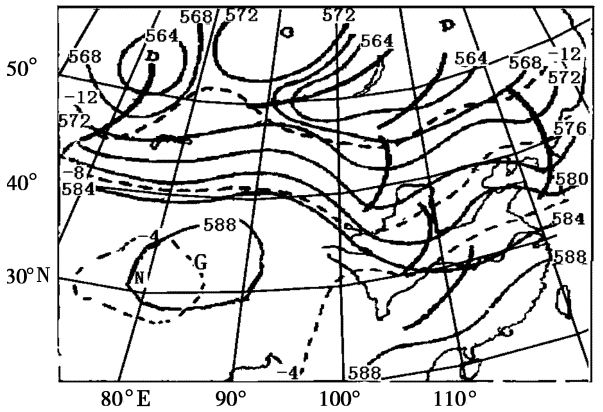


图 5 高空冷槽型 500 hPa 天气形势  
(实线为等高线,单位: dagpm;虚线为等温线,单位: °C)  
Fig 5 500 hPa weather situation of high cold trough type

## 3 冰雹天气某些参数分析<sup>[3-5]</sup>

冰雹是一种强对流天气,除需要具备一定的的大气层结不稳定和水汽条件外,还需要适当的 0°C 层高度和 -20°C 层高度。为此,通过 34 个冰雹天气过程个例,对产生冰雹天气的某些参数进行了具体分析。

### 3 1 稳定度分析

在冰雹天气过程的稳定度分析中,选取  $K$  和  $I_s$  指数,因两者均能较好的反映大气层结的稳定度,当  $K$  值愈大,  $I_s$  的负值愈大时,表示大气层结愈不稳定。在 34 个冰雹个例的统计中发现,冰雹日 08 时  $K$  指数值均大于等于 35°C,  $I_s$  指数值均小于 -3°C (注:  $K = T_{850} - T_{500} + T_{d850} - (T - T_d)_{700}$ ,  $I_s = (T - T')_{500}$ ,  $T'$  指根据 850 hPa 的温度和露点值查出气块由 850 hPa 上升到 500 hPa 应有的气块温度,  $T'$  值可根据 850 hPa 的温度和露点值在  $T'$  值查算表中直接查出,也可直接应用 T213 数值预报产品的稳定度指数),说明冰雹天气的发生都处在中低层大气极度不稳定的状态下。

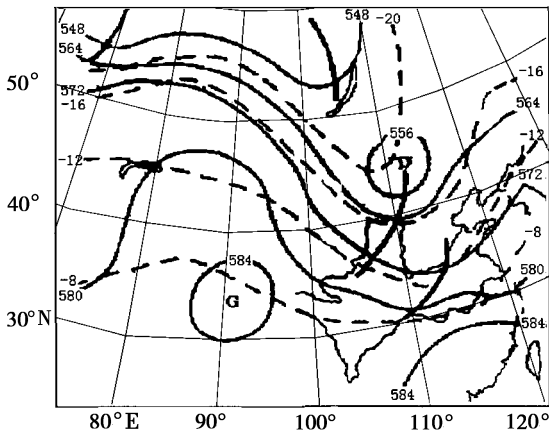


图 6 高空冷涡型 500 hPa 天气形势  
(实线为等高线,单位: dagpm;虚线为等温线,单位: °C)  
Fig 6 500 hPa weather situation of high cold vortex type

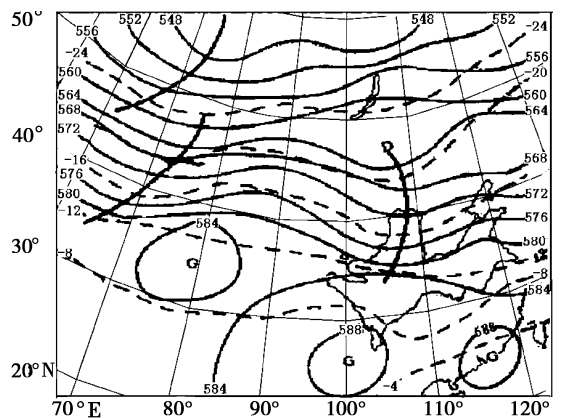


图 7 高空西北气流型 500 hPa 天气形势  
(实线为等高线,单位: dagpm;虚线为等温线,单位: °C)  
Fig 7 500 hPa weather situation of high northwest air draft type

### 3 2 水汽条件

冰雹区并没有像大范围暴雨那样天气尺度偏南的水汽输送带。它的水汽主要来自雹区附近的 800 hPa 以下的低层。统计分析, 雹日 08时 850 hPa图上, 在 33~ 40°N 和 110~ 115°E 范围, 其露点 ( $T_d$ ) 均值, 春、秋季在 4~ 10°C 之间, 夏季在 8~ 12°C 之间; 温度露点差 ( $T - T_d$ ) 在春、夏、秋季均小于等于 10°C, 其中 80% 的该值小于等于 6°C。

雹日 08时地面图上, 33~ 40°N、110~ 115°E 范围, 露点温度均值在 12~ 16°C 之间。

### 3 3 0°C层与 - 20°C层

应用探空资料  $T - 1p$  图对长治冰雹天气的 0°C层、- 20°C层进行统计分析, 0°C层高度在 700~ 600 hPa 之间, - 20°C层高度在 500~ 400 hPa 之间, 说明冰雹天气的对流云体发展高度都比较高, 有利于冰雹的形成和增长, 且不容易使雹块在下落时经暖层而融化成雨滴。

## 4 冰雹天气预报模型

为进一步提高冰雹天气的预报能力, 首先对 850 hPa、500 hPa 高空指标站进行了选取, 以 1980- 2003 年 34 个冰雹日为样本, 采用最优子集回归法对冰雹日前一天 08时 850 hPa、500 hPa 天气图上 30~ 50°N, 95~ 120°E 范围 32 个高空站的温度、温度露点差、风向、风速进行选取, 选出了 13 个高空指标站 (延安、汉中、安康、郑州、西安、平凉、银川、东胜、酒泉、呼市、太原、张家口、东胜), 同时对选取的高空指标站与上述预报参数、数值预报产品及本站气象要素的分析, 给出了未来 24h 冰雹天气的综合预报模型, 并进行了逐项拟合检验:

- (1) 冰雹日前一天 08时 500 hPa 图上的呼市、太原、张家口、东胜, 四站的风向为 220~ 320°, 风速  $\geq 16 \text{ m/s}$  其拟合率为 90%。
- (2) 冰雹日前一天 08时 850 hPa 图上的汉中、安康、郑州、西安、平凉五站均为偏南风, 风速为 4~ 8m/s 其拟合率为 85%。
- (3) 冰雹日前一天 08时 500 hPa 图上的呼市、银川、东胜、酒泉、指标站的平均温度  $T_{500} \leq - 10^\circ\text{C}$ , 其拟合率为 87%。
- (4) 冰雹日前一天 08时 850 hPa 图上河套地区有暖脊或暖温度中心, 平凉、西安、延安指标站的平均温度  $T_{850} \geq 20^\circ\text{C}$ , 且在河套地区有成片的温度露点差 ( $T - T_d$ )  $\leq 7^\circ\text{C}$ , 其拟合率为 90%。
- (5) 冰雹日长治处于 T213 数值预报产品的  $K$  指数大于 35°C,  $I_s$  指数小于 - 3°C 的区域, 其拟合率为 100%。
- (6) 冰雹日 0°C 层高度在 700~ 600 hPa 之间, - 20°C 层高度在 500~ 400 hPa 之间, 其拟合率为 100%。
- (7) 冰雹日前一天本站 14时气压连续下降日数  $\geq 3 \text{ d}$ , 并低于历史均值; 14时气温连续上升日数  $\geq 3 \text{ d}$  高于历史均值; 14时湿度剧增, 水汽压在数值上接近或超过气温值; 前 1 d 日最高气温与最低气温之差大于 10°C; 连续 3 d 吹时速大于等于 8 m/s 偏南风。未来 1~ 3 d 内强对流天气出现机率为 100%, 产生降雹的机率 60%。

## 5 一次冰雹天气过程实例

2004年 7月 4日 08时 500 hPa 天气图 (图 8) 属典型的高空冷涡型, 此型在贝加尔湖以南为一深厚的冷低涡, 在 30~ 50°N、125~ 140°E 由于受副高的影响, 形成明显的高脊, 导致低涡东移受阻, 并加强南压, 在河套地区配合有低于 - 8°C 冷温度槽。在有利于降雹天气形势下, 对冰雹天气预报模型进行了综合分析: T213 数值预报产品的 24 h 预报长治市处于  $K$  指数为大于 36°C 与  $I_s$  指数值小于 - 4°C 范围; 08时 500 hPa 图上的呼市、银川、东胜、酒泉指标站的平均温度 ( $T_{500}$ ) 为

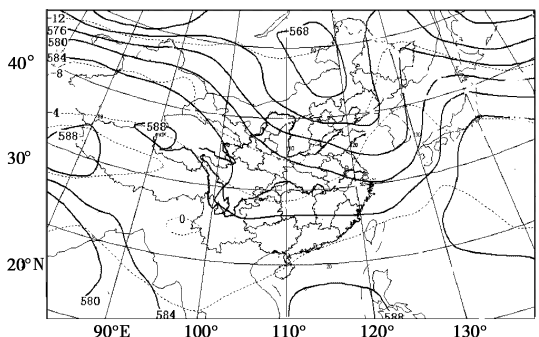


图 8 2004年 7月 4日 08时 500 hPa 冰雹形势图 (实线为等高线, 单位: dagpm; 虚线为等温线, 单位: °C)  
Fig 8 500 hPa hailing situation at 2004- 07- 04 08 00

- 11℃; 08时 850 hPa图上的汉中、安康、郑州、西安、平凉 5站均为偏南风, 平均风速为 5m/s。08时 850 hPa河套地区有暖温度中心, 平凉、西安、延安指标站的平均温度  $T_{850} \geq 20^{\circ}\text{C}$ , 而且在河套地区有成片的温度露点差 ( $T - T_d$ )  $\leq 7^{\circ}\text{C}$ ; 本站 14时要素的变化符合上述综合预报指标 (7)。于是在 4日下午发布了未来 24 h (5日) 的冰雹天气预警预报, 向当地市委、市政府作了专题汇报, 在电视台等多家媒体播出, 并及时在冰雹源地布设了人工消雹作业点。5日下午 3 h左右, 在冰雹第三源地发展起了旺盛的冰雹云系, 人工消雹人员根据冰雹云系的发展变化, 及时展开了大面积的人工消雹作业, 发射人雨弹 25枚, 在很大程度上控制了强对流云团的发展。但由于雹云的移速较快, 在影响到襄垣、屯留和长子县的地方仍降了短暂小冰雹, 未受到损失。这次人工消雹效果非常明显, 为农业安全的防灾减灾起到了积极的气象保障作用, 取得了重大社会和经济效益。

## 6 小结

(1) 在冰雹多发时段的 6月和 7月, 尤其在长治市东南部的潞城市、壶关县和平顺县的冰雹多发区, 要加强人工消雹工作, 应重点设防。

(2) 根据冰雹源地和活动路径, 布置相应的固定人工消雹作业点, 当雹云尚处于发展阶段时及早作业, 使冰雹不能增长并保护下风方免受冰雹袭击<sup>[6-8]</sup>, 起到消雹防灾减灾的目的。

(3) 冰雹天气的预报, 除冰雹天气形势 (高空冷涡型、西北气流型、高空冷槽型) 的分析和综合考虑冰雹预报模型外, 应特别注意中低层 (850~ 500 hPa) 均为冷 (暖) 平流的空间结构, 如果 500 hPa的冷平流远强于 850 hPa的冷平流或 850 hPa的暖平流远强于 500 hPa的暖平流 ( $T_{850} - T_{500} \geq 20^{\circ}\text{C}$ ) 时, 说明大气仍处于对流不稳定状态, 仍易产生冰雹天气。

## 参考文献:

- [1] 周非非, 肖辉, 黄美元, 等. 人工抑制上升气流对冰雹云降水影响的数值试验研究 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 153-162
- [2] 肖辉, 王孝波, 周非非, 等. 武汉强降水云物理过程的三维数值模拟研究 [J]. 大气科学, 2004, 28(3): 385-404.
- [3] 陶诗言. 中国暴雨 [M]. 北京: 科学出版社, 1980
- [4] 周一鹤, 施友功, 等. 山西天气预报手册 [M]. 北京: 气象出版社, 1989: 169-189
- [5] 王欢, 周军, 等. 强对流活动对对流发展条件影响的数值试验 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28(2): 145-152
- [6] 晏明. 用气象卫星对冰雹灾害进行监测的方法探讨 [J]. 吉林气象, 2003, 4: 6-9
- [7] 王雨增, 等. 人工防雹实用技术 [M]. 北京: 气象出版社, 1994
- [8] 裴巨才, 等. 山西冰雹 [M]. 北京: 气象出版社, 1994