

# 山东省冰雹客观分县预报系统

杨晓霞<sup>1</sup> 张爱华<sup>2</sup> 贺业坤<sup>2</sup> 朱平盛<sup>2</sup> 刘素芳<sup>1</sup> 李峰<sup>1</sup>

(1. 山东省气象台, 济南 250031 2. 山东省气象局)

## 提 要

应用多指标叠套法和权重系数法及 PP 预报方法和 HLAFS 数值预报产品建立了山东省冰雹客观分县预报系统。预报试验和业务运行结果表明,该系统有一定的预报技巧。

**关键词:** 多指标叠套 权重系数 HLAFS 数值预报 冰雹预报

## 引 言

为了提高冰雹预报准确率和服务效果,充分发挥数值预报产品在冰雹预报中的作用,我们作了以下工作:对山东省 1986~1998 年 5~6 月份冰雹历史资料进行整理分析,建立了冰雹资料查询系统<sup>[1]</sup>;分析研究了山东省冰雹天气的气候特征<sup>[2]</sup>和降雹环流形势特征<sup>[3]</sup>,对降雹天气系统进行了归类和分型;应用历史探空资料计算和分析了降雹天气的各种物理量参数,选取了各类降雹系统的降雹物理量参数指标,应用多指标叠套方法初步建立了山东省冰雹客观分县预报系统<sup>[4]</sup>,并于 1998 年 6 月进行了预报对比试验。在此基础上我们对冰雹客观分县预报系统进行了改进和完善,采用了多指标叠套和权重系数相结合的方法,建立了冰雹预报方程;应用 PP 预报方法和 HLAFS 数值预报产品,建立了较完善的山东省冰雹客观分县预报系统;于 1999~2000 年 5~6 月进行了预报对比试验,2001 年 5~6 月投入了业务运行。

## 1 资 料

以 08 时为日界(北京时,下同),全省有一个县降雹定为一个雹日,1986~1998 年 5~6 月全省共有 143 个雹日,其中 5 月 60 个雹日;6 月 83 个雹日。对 5~6 月降雹环流

形势进行了分析和研究<sup>[3]</sup>,把降雹系统分为冷涡、低槽、横槽和西北气流 4 大类。应用历史探空资料,采用最优插值客观分析方法,把雹日 08 时和 20 时标准等压面层上的探空资料进行客观分析,分析范围为 29~45°N、109~126°E,格距为 1°×1°个经纬度。在每个经纬度网格点上计算各种物理量参数。

## 2 建立系统所选取的降雹物理量参数指标

### 2.1 物理量参数计算和分析

计算分析雹日 08 时和 20 时标准等压面上反映大气热力和动力学特征的物理量参数:涡度、散度、垂直速度和南北风分量、850~300hPa 风切变、温度平流、假相当位温( $\theta_w$ )及各等压面之间的  $\theta_w$  之差、等压面上相邻两个经度和相邻两个纬度之间的  $\theta_w$  之差及周围 4 个格点的  $\theta_w$  之和的差值(反映等压面上  $\theta_w$  水平分布特征即高值舌或高值中心区)、K 指数、500hPa 与 850hPa 温差、沙氏指数、深厚对流指数、0℃ 层高度、-30℃ 层与 0℃ 之间的厚度。应用 NCAR 绘图软件绘出各个物理量参数在等压面后或平面上的分布图,应用人机交互方式,分析并读取每个雹日的冰雹落区所对应的 08 时和 20 时各物理量参数的阈值。

### 2.2 选取物理量参数指标

由于季节的变化,各月的热力场有较大

不同,所以,对5、6月各类降雹天气系统分别选取降雹参数指标。把每个雹日的雹区相对应的每个物理量参数的阈值进行统计、分析和综合,以物理量参数的取值范围对雹日的概括率大于80%为标准,确定各月、各类降雹系统的各个物理量参数的临界值或阈值,分月、分系统地选取降雹物理量参数指标,并对某些单因子指标进行了组合。因为冰雹天气是在有利于对流发展的热力和动力条件下及有利冰雹形成的云物理条件下形成的,为了使选取的物理量指标既能反映大气的热力特征又能反映大气的动力特征,因此把降雹物理量参数指标分成了5大类。第一类为热力指标:850hPa温度、K指数、850hPa、700hPa和500hPa假相当位温;第二类为动力指标:850hPa和500hPa涡度、850hPa与300hPa散度、850hPa与700hPa垂直速度、850hPa与300hPa风垂直切变和850hPa与500hPa南北风分量;第三类为垂直稳定度指标:850hPa、700hPa和500hPa温度平流、500hPa与850hPa温差、700与850hPa假相当位温之差、沙氏指数和深厚对流指数;第四类为有利于冰雹形成的大气云物理特征参数指标:0℃层高度、-30℃与0℃层之间的厚度;第五类为反映大气能量分布的物理量参数指标,用假相当位温( $\theta_w$ )在等压面上的水平分布特征来表示,用850hPa和700hPa等压面上的 $\theta_w$ 的水平差值的组合表示 $\theta_w$ 的高值舌或高值中心。

### 3 应用多指标叠套和权重系数法建立预报方程

应用选出的五大类指标,采用多指标叠套方法<sup>[5-7]</sup>,对历史雹日进行回报。多指标叠套的方法为:在某一点上,满足某一项预报指标, $K_i$ 为1,否则 $K_i$ 为0;对 $K_i$ 进行累加, $K = \sum K_i$ ,统计满足冰雹预报指标的个数,确定冰雹预报叠套指标 $K$ 。对以上划分的每

一类指标进行多指标叠套,首先在网格点上进行多指标叠套,确定叠套指标 $K$ ,然后应用权重系数法内插到测站上,进行分县预报。分别计算每一类指标中满足1个指标、2个指标…… $n$ 个指标时的分县回报准确率,根据回报准确率高、漏报和空报率低的原则确定每一类指标的最佳叠套指标 $K_j$ 。应用权重系数法对五类指标进行综合,建立预报方程。

文献[8]的研究表明,应用权重系数法进行分县预报,可提高分县预报准确率。对五类指标叠套的结果,采用权重系数法进行综合集成,建立预报方程。权重系数法集成的预报方程模型为:

$$Y = \sum_{j=1}^N R_j \cdot X_j \quad R = Z_j / \sum_{i=1}^N Z_i$$

式中 $R_j$ 为第 $j$ 类指标的权重系数, $Z_j$ 为第 $j$ 类指标的历史分县回报准确率, $\sum Z_i$ 为五类指标的历史分县回报准确率之和。 $X_j$ ( $j = 1, 2, 3, 4, 5$ )为第 $j$ 类预报指标(分别为热力、动力、稳定度、云物理特征量和 $\theta_w$ 的水平分布特征量5类指标)。满足第 $j$ 类叠套指标 $K_j$ 时 $X_j$ 为1;否则, $X_j$ 为0。经过对历史降雹资料的回报,得出5、6月各类降雹系统的冰雹预报方程。方程 $Y$ 的临界值 $Y_c$ 由历史样本资料的回报准确率来确定。在回报时,首先在网格点上计算、分析、判别和多指标叠套,应用预报方程进行计算,然后把由方程得出的预报值内插到测站上,再对测站进行判别分析和分县预报。根据分县回报准确率较高,漏报和空报率较低的原则确定预报方程的临界值 $Y_c$ 。若方程值 $Y > Y_c$ 时,预报有冰雹;否则,预报无雹。

从历史回报结果看,空报率较高。应用气候概率消空后,空报率降低,但漏报率增加,回报准确率有所提高。气候概率消空的方法为:根据各县历史上各月在各类降雹系统影响下降雹的气候概率,确定消空因子。

气候消空因子是由 1986~1998 年 13 年中受某类降雹系统影响时降雹几率(降雹总次数/年数)来确定的临界值。例如,若预报某县受冷涡影响可能出现冰雹时,该县 1986~1998 年 5 月在冷涡影响下没有出现过冰雹,则降雹气候概率为 0(小于 0.1),应用气候概率消空法预报该县无雹;若该县历史上在冷涡影响下出现冰雹的概率为 0.3(大于 0.1),则预报该县可能出现冰雹。

#### 4 建立冰雹客观分县预报系统

为了减少对降雹过程的空报,在冰雹客观分县预报系统中,首先进行入型判别。可以根据实时环流形势、欧洲中期预报中心、日本和 HLAFS 数值预报中的环流形势预报场,判别未来 6、12 和 24 小时内有无降雹系统影响山东省。然后,应用 HLAFS 数值预报资料和 PP 预报方法,根据预报方程和降雹气候概率进行冰雹分县预报。本系统应用 FORTRAN 和 VB 语言进行编程,应用 NCAR 绘图软件和 MICAPS 软件系统显示高空环流形势,在 WIN95/98 系统下运行。采用人机交互方式进行环流形势入型判别。以列出预报降雹测站和 MICAPS 第 8 类数据格式的方式输出预报结果。这样既可以查看测站预报结果又可以从 MICAPS 系统中查看与山东省地图相配合的冰雹落区预报结果。预报流程见图 1。

#### 5 预报效果检验

评定预报正确的标准为:当预报某县某时段内有降雹时,只有预报时段内该县(在测站或不在测站)出现降雹时,方评定为预报正确;否则,预报为不正确。若预报某县某时段内没有降雹,只有在观测站观测到降雹才算漏报。山东省每个县的面积平均约为 1270km<sup>2</sup>[9]。

1999 年和 2000 年 5~6 月在省台进行了预报对比试验,每天制作两次客观预报和

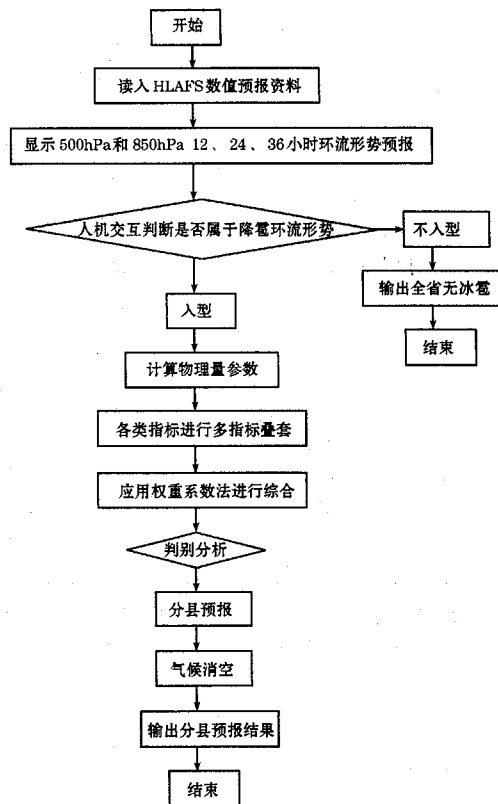


图 1 山东省冰雹客观分县预报系统流程图

主观预报,上午制作 6 小时(14~20 时)和 12 小时(20 时~08 时)预报,下午制作 12 小时(20 时~08 时)和 24 小时(次日 08 时~20 时)预报。1999 年和 2000 年 5~6 月全省冰雹有无预报即雹日预报和冰雹分县预报 TS 评分见表 1 和表 2。从表 1 和表 2 中可以看出,全省客观预报的 6、12 和 24 小时雹日预报和冰雹分县预报的 TS 评分都高于主观预报的 TS 评分。试验结果表明,冰雹客观预报系统有一定的技巧性。

2001 年 5~6 月业务运行预报结果为:山东省降雹过程预报准确率为:6 小时预报 TS=69.5%,12 小时预报 TS=20.0%,24 小时预报 TS=60.0%。分县预报 TS 得分为:6 小时预报 TS=4.9%,12 小时预报 TS=1.4%,24 小时预报 TS=6.4%。

表1 1999、2000年5~6月全省冰雹有无预报 TS评分

	TS得分(%)			空报率(%)			漏报率(%)		
	1999年	2000年	平均	1999年	2000年	平均	1999年	2000年	平均
6小时客观预报	43.4	50.0	46.7	43.4	50.0	46.7	43.4	0.0	21.7
6小时主观预报	37.1	0.0	18.6	25.5	0.0	12.8	61.7	100	80.9
12小时客观预报	25.8	0.0	12.9	74.3	100	87.2	0.0	100	5.0
12小时主观预报	8.4	0.0	4.2	91.7	0.0	45.9	0.0	100	50.0
24小时客观预报	35.8	100	67.9	57.5	0.0	28.8	41.7	0.0	20.9
24小时主观预报	6.3	50.0	28.2	83.4	0.0	41.7	41.7	50.0	45.9

表2 1999、2000年5~6月冰雹分县预报 TS评分

	TS得分			空报率			漏报率		
	1999年	2000年	平均	1999年	2000年	平均	1999年	2000年	平均
6小时客观预报	4.2	6.8	5.5	66.9	93.2	80.1	50.2	0.0	25.1
6小时主观预报	5.4	0	2.7	39.6	0.0	19.8	74.2	100	87.1
12小时客观预报	1.3	0	0.7	72.4	100	86.2	0.0	100	50.0
12小时主观预报	0.6	0	0.3	84.3	100	92.2	50.0	100	75.0
24小时客观预报	2.7	13.5	8.1	43.2	79.8	61.5	58.0	33.3	45.7
24小时主观预报	2.0	9.1	5.6	28.9	40.0	34.5	93.8	66.5	80.2

由于冰雹是局地性很强的小概率事件,在预报中有一定的难度,预报系统还有待于进一步改进。

参考文献

1 刘素芳,张爱华,杨晓霞等.山东省冰雹资料查询系统.山东气象,2000(1):57~59.  
 2 杨晓霞,张爱华,贺业坤.山东省4~6月冰雹气候特征分析.山东气象,1999(3):22~25.  
 3 杨晓霞,张爱华,贺业坤等.山东省降雹天气系统特征场分析.山东气象,2000(1):17~20.  
 4 杨晓霞,张爱华,贺业坤等.山东省冰雹分县预报方法研

究与试验.山东气象,1998(4):12~16.  
 5 Wu Baojun, Zhao Xiouying, Xu Chenhai et al. 1999: A Multi-indicator Superposition Method for Hailfall Forecast. The WMO Scientific Conf. on Wea. Modif. Chiang Mai, Thailand, February 17-21, 1999:486-489.  
 6 彭治班,赵秀英,吴宝俊等.寻找降雹预报指标集的一种方法:逐步消空法.气象,2000,26(10):10~14.  
 7 章国才等著.我国天气预报逐级指导技术研究.北京:气象出版社,2001:53~82.  
 8 秦铭荣,田盛培.几种统计预报决策方法的比较实验.气象,1990,16(10):35~38.  
 9 曹钢锋,张善君,朱官忠等.山东天气分析与预报.北京:气象出版社,1998:1~2.

An Objective Local County Forecast System for Hailfall in Shandong

Yang Xiaoxia<sup>1</sup> Zhang Aihua<sup>2</sup> He Yekun<sup>2</sup> Zhu Pingsheng<sup>2</sup> Liu Sufang<sup>1</sup> Li Feng<sup>1</sup>

(1. Shandong Meteorological Observatory, Jinan 250031

2. Shandong Meteorological Bureau)

Abstract

An objective local county forecast system for hailfall in Shandong is established by using the multi-indicator superposition-the weighing coefficient method, the PP forecast method and the productions of the HLAFS numerical forecast. The results of forecast experiments and operational uses show that the system has a good forecast skill.

**Key Words:** multi-indicator superposition weighing coefficient HLAFS numerical forecast hailfall forecast