

文章编号 :1006 - 7639(2004) - 01 - 0086 - 04

# T213 资料在冰雹短期预报中的释用

樊晓春<sup>1,2</sup>, 董彦雄<sup>2</sup>, 董安祥<sup>1</sup>, 候正明<sup>2</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃 兰州 730020 2. 甘肃省平凉市气象局, 甘肃 平凉 744000)

**摘要** 基于 MICAPS 系统, 利用 T213 数值预报格点资料和预报关键区域 30 个站点的高空天气图, 以及市内 7 县(区) 4 个观测时次的气象要素等资料, 从单站要素反映、天气形势分析、热力、动力、稳定度等参数计算, 选取对冰雹天气具有明显物理意义的预报因子和消空指标, 利用 PP 数值预报释用方法, 建立了盛夏平凉市冰雹短期预报模型。经 2003 年 7~8 月份业务运行, 基本报准了唯一出现的一次冰雹过程, 空报率 0.0%。

**关键词** 冰雹; PP 数值释用; 业务运行

中图分类号: P458.1

文献标识码: B

## 引言

冰雹是西北地区主要农业气象灾害之一。地处甘肃东部, 六盘山东侧下风坡的平凉市是西北冰雹多发地域之一。20 世纪 80 年代中期开始至今, 原兰州高原大气物理研究所在平凉设点专门进行人工防雹试验, 取得一系列研究成果<sup>[1-4]</sup>, 特别是在平凉冰雹云的回波特征和雷达识别方面成果显著, 为当地开展人工防雹, 减轻灾害损失做出了贡献。因冰雹天气造成的灾害, 就平凉而言仅次于干旱, 历年来一直是重点研究对象, 雷达回波指标准确率虽高, 但只是临近预报, 为了延长预报时效, 提高预报服务水平, 平凉气象台先后用天气学、统计学等方法建立了若干套冰雹预报指标, 但预报能力还是有限的。

近年来, 随着数值预报新技术的不断发展, 数值预报产品及其释用技术在全国普遍开展, 西北区在降水、气温及暴雨、沙尘暴等重要天气的数值预报方面的应用已取得了重大成果<sup>[5]</sup>, 但数值释用技术在冰雹天气预报中的研究还是比较少。如何总结原有预报成果, 有效地使用数值预报产品, 开展有地域特色的释用方法研究, 实现灾害天气的定时、定点、定量预报已成为地级气象台重要课题。本文的研究是一种尝试, 在总结原有冰雹预报方法的基础上, 参考冰雹预报方法研究成果<sup>[6-7]</sup>, 开展了 PP(完全预报方法)数值预报释用技术, 进行了平凉市盛夏 7~8

月份冰雹短期预报模型的研究试验, 结果表明: PP 法在地级市冰雹数值预报释用中是行之有效的。

## 1 模型建立

图 1 为冰雹短期预报模型流程图。由历史资料库、消空指标库、PP 因子库、分型样本库、PP 方程库、预报结果库和效果检验库 7 部分组成。

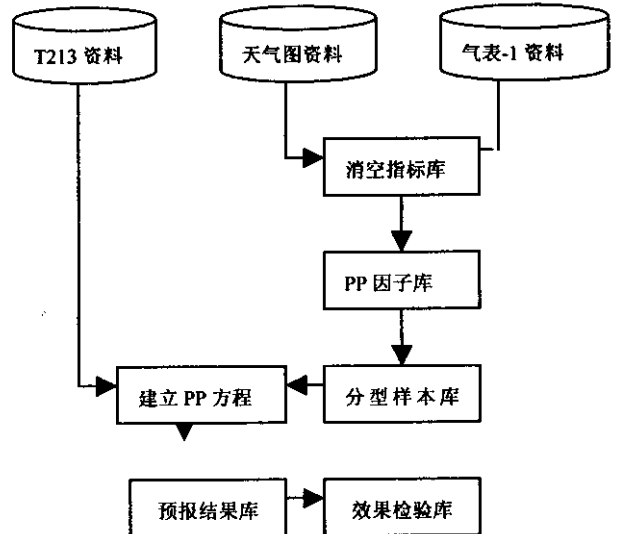


图 1 PP 冰雹短期预报模型流程图

Fig. 1 The flow chart of PP hail short-range forecast model

### 1.1 历史资料库

#### 1.1.1 冰雹个例资料

选取 1993~2002 年平凉 7 县(区)气表-1 资

收稿日期 2004-01-10; 改回日期 2004-03-16

基金项目 科技部科研院所社会公益研究项目(2002DIB10046) 西北地区人工防雹消雹技术资助

作者简介 樊晓春(1964-), 女, 甘肃静宁人, 高级工程师, 主要从事短期天气预报业务及相关研究。

料及灾情报告中记载的冰雹天气(测站、县境内),并规定一天中(20:00时~20:00时)市内 $\geq 1$ 站有雹,即为一个冰雹日,10a 7~8月共计有94个冰雹日,表1为7县(区)冰雹出现次数。

表1 1993~2002年7~8月平凉7县(区)冰雹出现次数

Tab.1 Times of hail in seven counties of Pingliang in July and August from 1993 to 2002

月份	静宁	庄浪	华亭	崆峒	崇信	泾川	灵台	合计
7	5	9	11	10	4	12	16	67
8	4	4	8	3	1	1	6	27
合计	9	13	19	13	5	13	22	94

### 1.1.2 地面气象要素资料

1993~2002年平凉7县(区)气表-1资料中,每天4个观测时次的温、压、湿以及云量等气象要素资料。

### 1.1.3 天气图资料

取1993~2002年预报关键区 $80^{\circ}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 、 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 范围内,高空500hPa、700hPa 30个站点(图略)08时资料,要素包括温度、高度、温度露点差以及风向、风速。

### 1.1.4 数值预报资料

实时数值预报产品采用T213,20时、08时从12~144h对应天气图中取各要素的预报场资料。因T213资料是分辨率为 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 的格点资料,而实际业务中使用的是站点资料,因此,用距离加权平均法,将各要素格点资料插值为站点资料,即可得到预报关键区30个站点及7县(区)的数值预报资料。

历史资料库建立后,预报模型使用时即可从资料库中检索提取有关数据,转写成具有统一数据结构及文件名格式的文件进行调用。

## 1.2 消空指标库

由于冰雹是极小概率事件,为了提高冰雹在样本中的概率,我们首先对样本资料进行消空,原则上不消除任何一个冰雹日。通过普查历史天气图、地面单站要素资料以及总结历年预报员经验,提出一组有明确意义的消空指标,10a 620个样本经消空还有374个样本,作为PP方程统计标准样本数,漏6次小冰雹,明显提高了冰雹统计气候概率。

(1)当有较强冷空气侵入本区时,由于冷平流向低层传递,使地面空气温度大幅度降低,层结趋于稳定,因此,本地24h降温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ ,或48h $\geq 7^{\circ}\text{C}$ 就不利于次日雷雨冰雹的产生;

(2)本地受反气旋控制,对流云发展不起来,表现在当日02时、08时、14时总云量均为0,次日无雹;

(3)当本地空气湿度过大,云量又较多的情况下,用 $E_{14} + \sum N(02\text{时}, 08\text{时}, 14\text{时总云量})$ 表示,当此值 $> 40$ 时,一般有利于形成普雨,不利于形成雷雨冰雹天气;

(4)本地500hPa温度偏高( $T_{500} \geq -4^{\circ}\text{C}$ )或附近增温较多( $\Delta T_{24} \geq 4^{\circ}\text{C}$ )时,由于本地高空层结趋向稳定,不利于冰雹天气形成,而在本地附近高空出现强烈降温( $T_{500} \leq -5^{\circ}\text{C}$ )时,一般反映过程能量已大量释放,次日亦不易形成冰雹;

(5)当本地700hPa风速过大( $ff \geq 15\text{m/s}$ )时,不利于不稳定能量积聚,即使对流云发展,也可能风吹云散而不利于形成冰雹。

(6)在14时地面图上,敦煌~平凉间有锋面或切变,并在西宁附近已有雷暴或冰雹天气,而多数情况在锋面、切变之间,高空500hPa有负变温和700hPa有负变高配合,可选相应两层的变温和变高。在分析统计中,这种地面天气系统与上游已出现的对流天气和高空有利条件的配合,可以消除39%的无雹日。

## 1.3 因子库

PP法是用历史资料中与预报对象同时间的实际气象参量作预报因子,建立统计关系,因统计中使用了大量历史资料,得出的统计规律一般比较稳定可靠,PP法建立方程后,代入T213资料,得到的因子具有稳定、可靠的特点,适用于地级气象台。关键是第一步,初选因子的选取。

冰雹是在高空特定的环流形势和影响系统下,高低空同时具备了形成冰雹所需的不稳定大气层结,动力或热力抬升及水汽等条件下而产生的。在前人研究成果的基础上,经诊断分析,提出了对冰雹天气有明显物理意义的136个预报因子,建立了因子库。

影响系统因子:海平面气压、高度、厚度、高度差、温度差、变压、变高、变温等;

热力因子:温度、位温、K指数、假相当位温等;

动力因子:涡度、散度、U、V分量,风的垂直切变等;

稳定度因子:各种物理量的平流倾向、沙氏指数、假相当位温差、温度差等;

水汽因子:相对湿度、露点温度、水汽压等;

其中,涡度、散度的计算采用了三角形法。

为了较确切地反映温度、湿度、高度以及其它物理量对冰雹的动态趋向,在因子计算时,引进了“平

流倾向量”概念,它是本地自定义的描述某区域物理量可影响预报区域平流的强弱(如湿度平流、冷平流等),计算公式为:

$$\text{平流倾向量} = (Z_0 - Z_A) \times \cos(\Phi)$$

其中,  $Z_0$  为预报点的物理量值,  $Z_A$  为 A 点的物理量值,而  $\Phi$  为 A 点风向与 A 到预报点连线之间的交角,平流倾向量有同一层的,也有层次之间的,如高空有冷平流,而低空有暖平流,将促使层结趋向不稳定,有利于强对流发展。事实证明,平流倾向量是预报方程中引进最多的因子。另外在因子设计中,尽量做到点面结合,多用多站点组合因子,少用单站因子。

### 1.4 预报方程的建立

在因子库建立的基础上,采用逐步判别统计预报方法,建立预报方程。考虑到冰雹天气在天气图上具有的特定环流形式,可分型建立预报方程,以增强求算预报方程的稳定性和预报性能。

#### 1.4.1 环流分型

多年研究成果表明,降雹前一天 500hPa 有 4 种主要影响系统:即蒙古冷涡(占 57%)、河套低槽(占 25%)、西方小槽(13%)和偏南气流(占 5%)。前 3 种高度场的共同特点是西高东低的西北气流形势,占本地盛夏降雹天气的 95%,降雹前本地处于槽前或槽线上。为了定量描述出影响本地降雹的环流类型,根据以往分型经验,可在关键区(80~115°E、30~45°N)选取 500hPa 两个高度场变量作为分型指标:

$$\Delta H_N = H_{52418} + H_{52323} - 2 \times H_{52495}$$

$$\Delta H_S = H_{56004} + H_{56046} - 2 \times H_{57036}$$

根据指标站高度差的不同配置,分为西北气流、南北气流辐合、南北气流辐散、西南气流 4 种类型。由入型统计结果(表 2)看,有 87.5% 的冰雹是发生在西北气流、南北气流辐合型中,因此,  $\Delta H_N$ 、 $\Delta H_S$  指标站高度场变量组合能较好地反映本市降雹前 500hPa 高度场主要特征。

表 2 环流分型与冰雹次数统计

Tab.2 Circumfluence types and statistical frequency of hail

环流分型	西北气流型	南北气流辐合型	南北气流辐散型	西南气流型
分型条件	$\Delta H_N > 0$ $\Delta H_S > 0$	$\Delta H_N > 0$ $\Delta H_S \leq 0$	$\Delta H_N \leq 0$ $\Delta H_S > 0$	$\Delta H_N < 0$ $\Delta H_S < 0$
冰雹次数	41		36	11
样本数	113		128	133

#### 1.4.2 分型预报方程

因资料年代不长,入型后可把南北气流辐合型、

辐散型并成辐合辐散型。方程建立时采用逐步回归分析方法筛选预报因子,通过调节 F 检验值,控制进入方程的因子数在 10 个左右。判别方程的形式为

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 + a_5 X_5 + \dots + a_n X_n$$

其中西北气流型预报方程为

$$Y = -3.8615 - 0.1270 X_6 - 0.2155 X_{18} - 0.0241 X_{38} + 0.5773 X_{53} + 0.3823 X_{54} - 0.0601 X_{68} - 0.3481 X_{81}$$

$X_6$ 、 $X_{18}$ 、 $X_{38}$ 、 $X_{53}$ 、 $X_{54}$ 、 $X_{68}$ 、 $X_{81}$  分别为平凉海平面气压差、平凉 500hPa 与 700hPa 温度差、700hPa 所选站点的湿度倾向、500hPa 所选站点的高度倾向、700hPa 规定区域的温度平流。辐合辐散型、西南气流型预报方程略。

当判别方程的临界值  $Y \geq 0$ ,即可预报第二天市内有冰雹。

#### 1.5 效果检验库

表 3 列出预报方程 10a 回检情况,其中西北气流型中的 41 次冰雹,报出 26 次,漏 15 次,空 17 次(其中 9 次第二天市内有雷阵雨,3 次有阵雨),按预报评分办法计算冰雹预报准确率为 53.1%,辐合辐散型、西南气流型预报准确率分别为 53.3%、23.8%,说明 PP 预报方程可以投入业务试运行。同时看出,冰雹的空报率明显降低,但漏报较多。

表 3 预报模型回检情况表

Tab.3 The checking complexion of forecast model

内 容	报对无雹日	报对冰雹日	漏报日	空报日
西北气流型	55	26	15	17(其中雷雨 9 日)
辐合辐散型	80	24	12	12(其中雷雨 3 日)
西南气流型	112	5	6	10

## 2 预报模型业务化

PP 数值释用预报模型实时业务系统是由 2 部分组成,一是实时数值预报产品资料检索处理,二是实时因子求算与预报结果合成输出。采用 Fortran 语言编程,系统运行时,首先从 MICAPS 平台上读取实时资料,前一天 20 时、当天 08 时 T213 数值预报资料(12~144h),资料处理后,对有关物理参数进行计算,用消空因子判断短期内有无冰雹,若无,直接输出预报结果,若有,进入分型指标,用分型 PP 预报方程判定有无冰雹,其结果以文件形式输出,有文本和数据两个文件,文本文件是便于业务实时调阅,可直接输出到计算机桌面上,数据文件用于效果

检验评定。

### 3 试报与思考

预报模型于 2003 年 7~8 月投入业务试运行。7~8 月 7 县(区)共出现冰雹 5 县(次),为历年冰雹最少年,其中 7 月 6 日泾川、灵台两县(区)局地降雹,7 日庄浪、华亭、崆峒区 3 县(区)局地降雹,8 月未降雹。模型预报结果计算如下:7 月 6 日,利用 T213 20 时的 36h 预报场,08 时的 24h 预报场均报出 7 月 6~7 日的冰雹过程(表 4)。

表 4 平凉市气象台 PP 冰雹短期预报模型实时系统运行结果

Tab.4 The system running result of the PP hail short-range

forecast model of the Pingliang meteorological observatory

预报起点 2003 年 7 月 5 日 20 时 计算时间 2003 年 7 月 6 日 14 时 33 分

预报时段	环流型	预报区域						
		静宁	庄浪	华亭	崆峒	崇信	泾川	灵台
24~48h	南北辐合	0	0	0	0	0	0	0
冰雹有无	48~72h	南北辐合	1	0	0	0	0	0
	60~84h	南北辐合	0	0	0	0	0	0

预报起点 2003 年 7 月 6 日 08 时 计算时间 2003 年 7 月 6 日 16 时 16 分

预报时段	环流型	预报区域						
		静宁	庄浪	华亭	崆峒	崇信	泾川	灵台
12~36h	南北辐合	1	0	0	0	0	0	0
冰雹有无	36~60h	西北气流	0	0	0	0	0	0
	60~84h	南北辐合	0	0	0	0	0	0

注:表中“1”代表有冰雹,“0”代表无冰雹

从系统模型预报结果看,基本上报出了 2003 年

7~8 月份仅有的一次冰雹过程,其它时间未报冰雹,空漏率 0.0%,但落区未报对,效果还可以。我们考虑还需要继续完善思路和方法,一是延长样本数,本方法只有近 10a 冰雹资料,建立的预报方程还不客观;二是增加资料,因所选资料区域有限(仅 30 个站点资料),层结有限(仅地面、700hPa、500hPa 3 层)因子选取时受到制约;三是 PP 法本身存在有统计误差,是否和 MOS 方法相结合,提高预报精度;四是采用 T213 每天 6h 一次的预报场资料,这样定时预报效果会更好一些。

#### 参考文献:

[1] 刘全根,马骥德.平凉地区的降雪及其与环境要素的关系[J].高原气象,1985,(1):53—62.

[2] 龚乃虎,瞿章,蔡启铭,等.平凉地区雹云回波移动特征[J].气象学报,1980,38(3):281—288.

[3] 张洪发,龚乃虎,贾伟,等.平凉地区强对流钩状回波特征的观测研究[J].大气科学,1997,21(4):401—412.

[4] 张洪发,左洪超,郝秀书,等.平凉冰雹云回波特征分析[J].气象学报,2002,60(1):110—115.

[5] 陈晓光.西北重要天气成因及数值预报方法研究[M].北京:气象出版社,2002.2.

[6] 伍志方,张春良,许焕斌.应用二维冰雹云模式做冰雹预报[J].高原气象,2000,19(1):121—128.

[7] 许炳南,周颖.贵州春季冰雹短期预报的高空温压场相似法[J].高原气象,2003,22(4):426—430.

## The Interpretation of T213 in Short-range Hailfall Forecast

FAN Xiao-chun<sup>1,2</sup>, DONG Yan-xiong<sup>2</sup>, DONG An-xiang<sup>1</sup>, HOU Zheng-ming<sup>2</sup>

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China;

2. Pingliang Meteorological Bureau, GanSu Pingliang 744000, China)

**Abstract** Based on MICAPS, using the method of PP numerical forecast interpretation, T213 grid data and the high altitude synoptic chart of 30 stations, as well as the meteorological observed data, the short-range forecast model of hail in midsummer in Pingliang was developed in this paper. The model was put into the actual operation from July to August in 2003, it has forecasted the only one hail course, the rate of vacancy forecast is zero percent.

**Key words** hail forecast; PP numerical interpretation; operation course