

文章编号:1006-7639(2004)-03-0063-05

# 兰州市冰雹预报方法研究及系统介绍

王学良,付朝,乔艳君,段文广

(兰州市气象局,甘肃兰州 730020)

**摘要:**采用近10 a 5~9月天气资料为样本,结合兰州地形、地貌、地理位置以及兰州冰雹时空分布、天气气候等特点,应用高空、地面、数值预报产品,以区域内任一点的冰雹为预报对象,以24 h不漏报为原则,以自动和人机交互结合的方式进行消空条件、人型条件、启动系统、冰雹有无的判别,制作了兰州冰雹天气的短期(短时)预报工具,主要侧重于为人工消雹作业提供预警、预报信息。2004年5月业务试运行中,成功预报2次局地小冰雹,准确率达67%。

**关键词:**冰雹;预报方法;兰州

**中图分类号:**P457.9

**文献标识码:**B

## 引言

冰雹是兰州市重要灾害性天气之一。它主要和中、小尺度天气系统有关,受地形及下垫面状况影响极大,而且各个因素之间关系复杂。它虽然影响范围小、持续时间短,但来势猛、强度大,且一般都伴有大风和暴雨,常常给农作物以至人民的生命财产造成严重损害。正是由于冰雹的上述天气特点,其预报难度很大,本文将在利用已有研究成果的基础上<sup>[1~2]</sup>,结合本地特点尽可能优化、完善预报指标,不断提高预警预报和短时订正预报水平,为防雹作业提供有力指导,最大程度地减轻其造成的灾害。

## 1 样本资料

所用资料为1993~2002年5~9月14时地面天气图、08和20时高空天气图;需要资料包括高空的温度、高度、温度露点差、风向、风速,地面气温、露点温度、天气现象、24 h变压、总云量、低云量及地面总温度、比湿、位温、假相当位温、沙氏指数、简化沙氏指数等物理量。

兰州区域冰雹过程定义为兰州辖内各气象站或雨量点正式记录有冰雹时即算一个冰雹日。预报对象为区域内任何一个点的冰雹天气。在10 a的样本资料中,兰州、永登、皋兰、榆中4个气象站记录的冰雹过程只有33个,若包括各气象哨点的记录在

内,个例总数在72次以上。采用该统计方法,一方面能适应人工消雹的工作需要,尽量消除区域内任何一次、任何一点出现强对流天气时可能造成的灾害。同时,为了增加个例资料,便于建立预报指标。

## 2 预报方法

冰雹天气是一种小概率事件,兰州区域内冰雹过程的发生概率不足5%,所以必须最大程度地消空,提高降雹概率,才可能提高预报准确率。另外,主要考虑了防雹减灾需要,以24 h不漏报为原则,只要有降雹可能,即进行预警,同时,加强短时订正。

作为区别于传统经验预报的客观化预报系统,必须增加定量化的预报指标,增强后台运算,即提高自动化水平。但是,由于对天气图上槽、脊等曲线系统的自动判断没有足够的技术支持,所以,对环流形势、天气系统等判别仍实行人机对话方式。

将天气图(包括实况、数值预报)和预报指标的判别统一到同一个界面,在天气图上直观标定关键区,预报指标文字描述力求准确,自动制作预报用图,增加控件快速转换图面的类别、时次。

静态的实时场与动态的数值预报场相结合。以实况场为主,在预报次日形势场时,参考各种数值预报产品,弥补经验预报的不足,提高对数值预报场中高原低值系统和短波系统的应用水平。

当环流形势场、能量场、启动系统等条件具备

收稿日期:2004-08-10;改回日期:2004-09-20

基金项目:中国科技部社会公益类项目(2002DIB10046)资助。

作者简介:王学良(1967—),男,陕西宝鸡人,工程师,主要从事短期天气预报工作。E-mail: lzqx@263.net

时,通过逐步回归方程计算冰雹有无,应用历史资料的统计分析结果,给出冰雹的参考落区及发生概率。预报流程见图1。

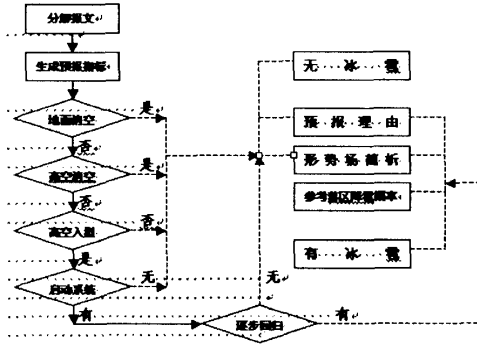


图1 预报流程图

Fig. 1 The forecasting flow chart

### 3 地面系统

#### 3.1 地面指标站及系统分区

受历史资料中发报站点数量的限制,选取了兰州上游47个地面气象站作为历史统计指标站,并根据其地理位置所具有的天气意义,对地面天气图进行区域划分(图2),然后根据各个区域的天气系统对兰州对流天气的贡献大小、主要影响时段等分别建立消空指标。

#### 3.2 消空指标

稳定天气站定义为:如果一个站的总云量>5且24h变压>-2、低云量=0,即定义为一个稳定天气站,表示该站已经受稳定性天气系统影响。

表1中7个地面主要指标的总消空率为53%(765/1440),消空后样本中冰雹概率为9.3%(63/675)。

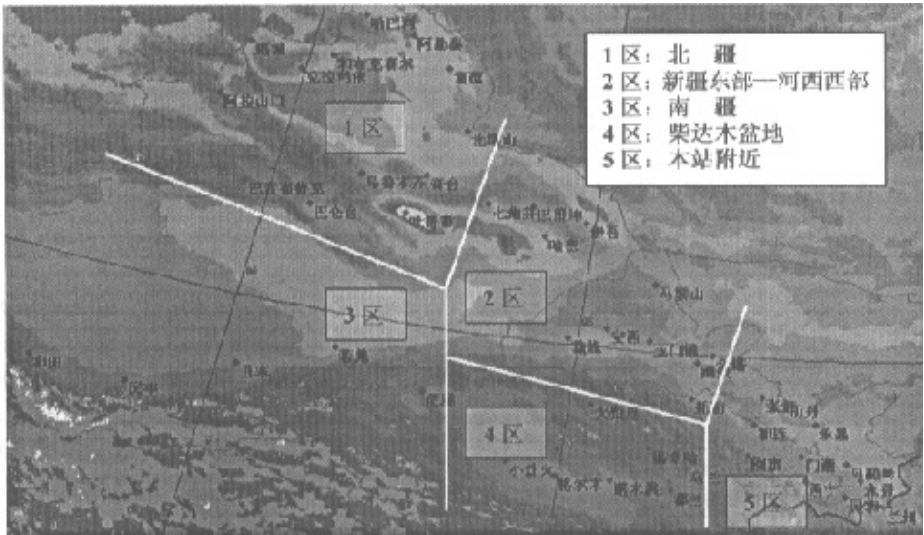


图2 地面指标站和地面系统分区示意图

Fig. 2 The distribution of observation stations and the division of surface synoptic systems

表1 主要消空指标

Tab. 1 The major indexes of cancellation of hail

序号	指标(14时地面天气图)	天气意义	消空率
1	1或2区最大24h变压>7或3或4区最大24h变压>8	地面有冷空气	210/1440=14.6%
2	1或2区最大24h变压≥1而且3或4区最大24h变压≥0且2、4、5区无阵雨、雷雨	上游无不稳定对流天气	144/1230=11.7% 漏1次单站小雹
3	1区稳定天气站数>1或2区稳定天气站数>2或4区稳定天气站数>2	上游稳定云系较多,不利于本站未来对流发展	100/1086=9.2% 漏1次单站小雹

续表

序号	指标(14时地面天气图)	天气意义	消空率
4	1和2区最小24h变压>1	地面上游地区有较冷的稳定天气系统东移	49/986=5%
5	1和2区最小24h变压<-5	上游地面增暖减压,高空暖系统	
6	2和5区无阵雨、雷雨且1或2或5区有稳定天气站	上游稳定云系较多,不利于本站未来对流发展	80/937=8.5%
7	兰州和河西5个指标站的比湿或总能量	本站或上游的物理量偏小	19.6%

## 4 500 hPa 高空系统

### 4.1 兰州降雪形势场分析

兰州降雪时本区的高空背景场基本上都是西北气流,西南气流很少,即使有,也比较弱,灾害轻。启动系统主要表现为新疆东部、我省河西地区以及内蒙西部的冷性短波槽、冷切变或冷涡,或者仅仅表现为一个温度场上的冷中心、冷平流或湿度场上的小范围不稳定湿区或流场上的强风速带。如果本站及周围近1~2d下过雨,那么,转晴之后在高湿的情况下地表受热增温,更容易形成不稳定的空气层结,有利于热力对流发展。

### 4.2 高空指标站

基于以上对兰州降雪形势场的分析,选取对兰州冰雹产生的高空形势有较好描述能力的22个指标站(图3),通过压、温、湿、风等要素的反映,分析短波系统或潜在的、具备发展趋势的不稳定系统。

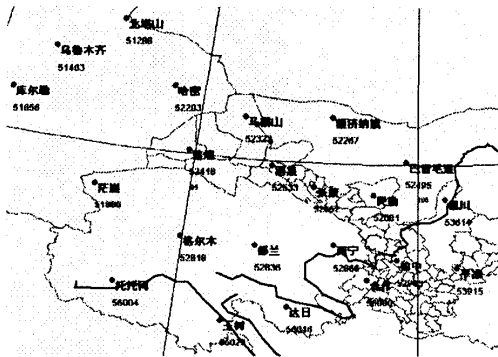


图3 高空指标站站名、站号示意图

Fig. 3 The distribution of radiosonde stations

### 4.3 消空指标

结合地面形势演变情况和数值预报产品,综合分析、判断以下系统是否将造成兰州稳定性天气的发生、发展。

①新疆有槽,槽前脊线在 $90^{\circ}\text{E}$ 以东,未来本站

受槽前西南气流影响,稳定性降水形势。

②青海中西部有槽,预计兰州最早在次日下午以后转晴,对流条件不足。

③高原有低涡,低涡云系将影响兰州,湿度大,对流发展不利,以降水为主。

④52、56区为反气旋环流,偏西北气流中暖平流较强,为高温形势。

⑤河西到蒙古有暖高压,河套附近无冷涡,高空暖平流,高原气流偏平,对流条件不足。

### 4.4 入型条件

结合当天08时500 hPa实况天气图及T213、欧洲数值预报等指导产品,确定关键区必须是有利于本区域次日午后转晴、底层增暖、对流发展以及高空北方冷性扰动下滑的西北气流。

入型必备条件

①新疆脊线在 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{E}$ 。

②关键区( $86^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$ ,  $38^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$ )以西北气流为主。

③综合分析实况图和数值预报结果,预计24h内高原无低值系统发展东移,影响兰州。

### 4.5 启动系统

结合14时地面天气图和数值预报产品,判断以下中小尺度系统是否有利于未来24h兰州对流的发生、发展。

冷中心:哈密、野马街、额济纳旗、敦煌、酒泉、巴音毛道、张掖、民勤8站中至少有1站温度低于周围各站。

冷平流:新疆东部、河西西部、青海北部范围内有温度槽或等温线与流线交角明显。

短波槽:槽线在新疆东部到河西西部,大的环流背景场有利于此系统东移南下。

横槽:52区冷性横槽,对应地面云系或天气有对流特征。

不稳定区东移:哈密、野马街、额济纳旗、敦煌、酒泉、张掖6站中至少有1个站的温度露点差 $\leq 5$ 。

急流轴南压:哈密、野马街、额济纳旗、敦煌、酒

泉、巴音毛道、张掖、民勤 8 站中至少有 2 站为  $\geq 20$  m/s 的偏西北风。

#### 4.6 指标性能

综合分析地面消空之后样本的高空消空指标、入型条件、启动系统,不具备降雹条件的个例数为 327,消空率为 48.4%。

当次日高空形势(业务运行时以数值预报场代替)不具备降雹条件时的消空率为 28.7% (100/348)。引入数值预报产品可以更准确、更科学地把握形势场的变化,从而减少空报率。

### 5 逐步回归判别

通过以上对地面、高空天气系统及其未来天气形势的判别,当环流形势场、能量场、启动系统等兰

州降雹形势场条件符合时,应用回归方程,计算冰雹有无。

回归方程:

$$Y = 2.34 - 0.00336 * X(4) - 0.039 * X(18) + 0.054 * X(20) - 0.00415 * X(54) + 0.16 * X(66)$$

其中:  $Y$  为预报结果,  $X()$  为预报因子; 样本因子数  $M = 105$ , 样本数  $N = 100$ , 筛选因子的门限值  $F = 3.28$ 。

利用 83 个样本对该方程的预报能力进行检验, 结果为: 预报正确 26 次, 漏报 1 次, 空报 14 次, 预报准确率 63.4%, 空报率为 34.2%, 漏报率为 2.4%。

### 6 业务系统功能简介

预报系统的主工作界面如图 4 所示。

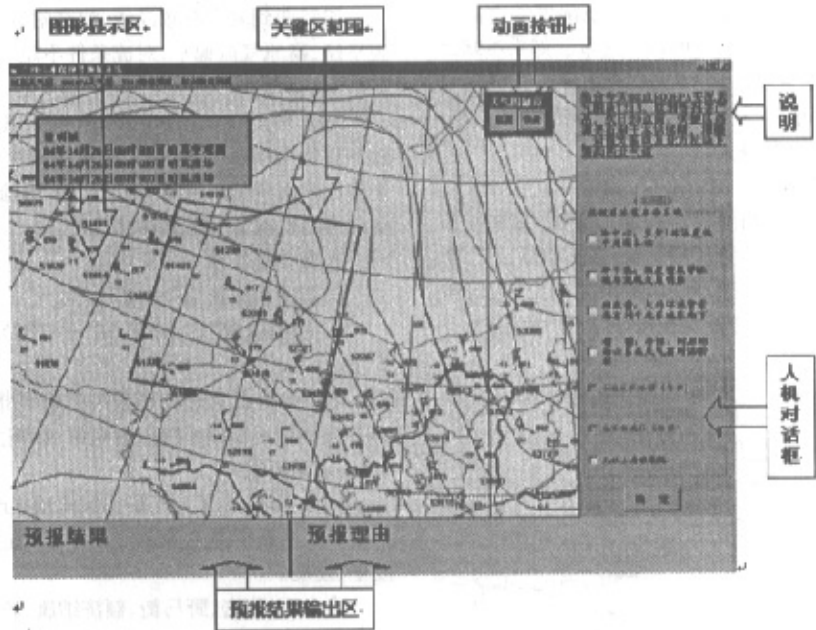


图 4 系统主界面

Fig. 4 The windows of the forecasting system

#### 6.1 菜单栏

包括地面及 500 hPa 天气图、T213 数值预报、欧洲数值预报 4 个一级菜单, 其中 T213 数值预报和欧洲数值预报的下拉菜单为各主要预报时效。

#### 6.2 图形处理功能

图面制作基于 MICAPS2.0 二次开发原理, 通过修改底图参数文件, 根据 9210 数据传输时间表, 定时自动生成适于预报系统应用的所有时次的地

面、高空天气图。并自动清除前期多余文件, 只保留近 2 d 文件。

还可以通过天气图翻页控件中的“前进”、“后退”按钮, 查看近 2 d 各个时次的实况天气图, 分析形势演变情况。

在 500 hPa 高空图上用彩色线条直观标定上午订正预报、下午预警预报时消空指标、入型条件、启动系统的关键区, 方便预报员对照人机对话框内的

预报指标进行判别、选择。

当出现缺测、错误资料时,直接对照系统中的实时天气图进行差值订正。

### 6.3 人机对话框

对照图形显示区中的高空、地面天气图以及数值预报场,根据对话框内单选或多选条件以及应用提示,进行消空、人型、启动系统的判别。每个选择都有确认提示,允许重新选择条件。

### 6.4 结果输出

对逐日预报结果进行了不重复的追加记录,便于日后查询,并根据运行情况对系统进行修正、完善、改进。同时产生 0、1 编码的数据文件,以备作业指挥系统从局域网调用。预报结果的输出内容包括冰雹有无、预报理由、历史统计概率、参考落区等。

## 7 结论与讨论

(1)地面、高空所有消空条件对历史样本的总消空率为 87.3% (漏 2 次单站小冰雹),消空之后至少一个点(包括气象哨点)产生冰雹的概率为 32.8%,比历史降雹概率提高近 6 倍;区域内至少一个气象站产生雷阵雨的概率为 48.6%;区域内无雷雨、冰雹概率为 18.6%。

(2)冰雹个例少,样本年限短,无法概括兰州冰雹的形势场,代表性较差,稳定性有待提高。

(3)缺 TTBB(特性层)资料,稳定度因子应用欠缺,制约了预报准确率。

(4)兰州处于高原地区,地面气压常常 < 850 hPa,同样造成部分热力、稳定度等物理量计算困难。虽然用有限的资料作了 500 hPa、700 hPa 部分物理量的统计试验,但效果不好。

(5)由于冰雹天气的特殊性以及资料密度、预报方法的欠缺等原因,系统中对落区的预报仅仅是经验性的。

(6)没有量化应用数值预报产品,是因为数值预报的形势场预报相对比较准确,但是由于对压、温、湿等要素预报的误差,制约对它的精细化应用。

(7)由于图形识别技术目前难于达到较好的水平,高空环流形势的判断无法自动完成,当对照预报指标和天气图进行条件选择时,由于对预报指标和天气系统判别上或多或少的主观因素,任何一个环节产生错误判断,都会影响预报结果。

(8)就当前科学技术对冰雹产生的物理过程的认识水平,仍然没有成熟、有效的预报方法,只能通过冰雹发生时的各种形势场及其水汽、动力、不稳定因子的配置和阈值的统计分析,以相似法建立预报模型<sup>[3]</sup>。由于统计预报自身的缺陷,制约了预报工具的准确率。

(9)雹云影响范围小,生消快,启动系统在高空形势场表现为中小尺度系统,变化大,不易追踪,而且经常受下垫面温度、湿度、地形、地理等诸多要素综合影响,当午后到傍晚前形成最有利层结构时又缺乏现时层结资料的支持,所以,实际业务中需要引入雷达资料及时订正。

### 参考文献:

- [1] 白肇焯,徐国昌,孙学筠,等. 中国西北天气[M]. 北京:气象出版社,1988. 1-98,258-370.
- [2] 王学良,杨小玲,付朝. 兰州地区降雹天气 500hPa 形势分析[J]. 甘肃气象,1996,14(1):15-16.
- [3] 章国材. 我国天气预报逐级指导技术研究[M]. 北京:气象出版社,2002. 56-79.

## Study on Forecasting Methods of Hail Storm in Lanzhou City

WANG Xue-liang, FU Zhao, QIAO Yan-jun, DUAN Wen-guang

(Lanzhou Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, Gansu, China)

**Abstract:** Based on May to September weather cases during recent 10 years, together with the geographic information and the distribution of hail storms weather and climate in Lanzhou, applying the products of the upper and surface observation and the numerical weather prediction et al., the weather forecasting methods for hail storms in Lanzhou are formed. The forecasting object is hail storms at anywhere in the area, the principle is no failed forecast in 24 hours, the identification of the hail storms is according to methods of the combination of the automation and man-computer interaction. These methods mainly provide the early warning and forecasting information for hail prevention operation. We successfully forecasted two local hail processes by this operational forecasting system in May in 2004, and the forecast accuracy reaches about 67%.

**Key words:** hail storm; forecasting methods; Lanzhou