

赤峰地区冰雹天气的环流特征及其预报

尤 莉¹ 徐玉强² 程玉琴² 张少文²

(1. 内蒙古气候中心, 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古赤峰市气象台)

提 要: 利用1988—1997年地面和高空气象资料, 对赤峰市71个冰雹天气个例进行分析, 归纳出了4种产生冰雹的环流型, 利用一些国内外最新的研究成果, 计算了有关对流的物理量参数。在此基础上筛选出物理意义明确、稳定可靠的预报因子指标, 建立了该地冰雹的集成预报方法, 实际应用效果较好。

关键词: 冰雹 环流型 物理量参数 预报方法

Prediction and Circulation feature of Hail-weather in Chifeng, Inner Mongolia

You Li¹ Xu Yuqiang² Cheng Yuqin² Zhang Shaowen²

(1. Inner Mongolia Climate Center, Huhhot 010051; 2. Chifeng Meteorological Observatory, Inner Mongolia)

Abstract: Based on the weather data from year 1988 to 1997, 71 cases of hail weather processes in Chifeng, Inner Mongolia are analyzed, and four circulation patterns for the hail weather process are concluded. And physics parameters about convection are calculated using some recent research results. Subsequently, the prediction factors which have reliable and stable physics are sifted and an integrated prediction method is developed for the local hail process, and the application effect is better.

Key Words: hail circulation pattern physics parameter prediction

引言

赤峰市位于内蒙古的东南部, $41^{\circ}17' \sim 45^{\circ}24' \text{ N}$ 、 $116^{\circ}20' \sim 120^{\circ}58' \text{ E}$, 总面积 90021.22 km^2 。冰雹是赤峰地区夏半年极具破坏性的天气现象之一, 多发生在4—9月, 正是农作物生长和发育的季节, 常给农作物、大棚和人们的生产、生活带来重大损失。

冰雹是一种中小尺度系统, 具有很强的局地性, 是在一定的环流背景下, 在不稳定层结、触发机制和云物理机制等有利的条件下产生的, 是一种小概率事件, 预报难度较大^[1]。多年来, 国内外许多专家致力于冰雹预报方法的研究, 通过寻找与云中能够降雹的种种相关因素, 建立天气形势预报、物理量参数预报和相关统计预报等方法^[2~4]。通过大量的观测研究, 特别是数值模拟方法的广泛使用, 人们对强对流天气发生的物理机制有了更为深入的了解, 并在业务预报中引入了许多新的物理参数^[5~8]。为了检验这些参数在本地冰雹预报中的指示意义, 我们引进了空军气象研究七所的“强对流天气分析预报参数软件包”。在分析了影响赤峰地区降雹的天气环流类型的基础上, 根据拟合率大小选择入选参数, 确定阈值范围, 用多指标集成法建立了本地冰雹预测方法, 在业务预报中取得了较好的效果。

1 资料的选取

在划分产生雹暴的天气环流型时, 既考虑到上千冷、下暖湿的不稳定条件, 又考虑到促使不稳定能量释放的动力条件, 即低值触发系统。分析了降雹当日 500 hPa 、 850 hPa 和地面三层历史资料, 依据温压场、风场和天气系统的上下配置情况, 把赤峰地

区降雹环流形势分为4种类型: 西北气流型、前倾槽型、冷涡型、后倾槽型。

资料选用的是1988—1997年4—9月赤峰地区13个测站的降雹资料、赤峰站07时(北京时, 下同)探空资料。选择雹日标准是: 一日内至少有两个测站出现冰雹, 记为一个雹日。据此, 10年间满足雹日标准的共有71个个例。

2 冰雹分布特征

从全市1961—2000年冰雹的地理分布(图1)可以看出, 该地降雹分布特征是西部沿山地区最多, 随着海拔高度的降低, 冰雹由西向东逐渐减少。最多的是西部的克什克腾旗, 40年降雹170天, 平均每年4.3天; 天山站最少, 40年出现了50天, 平均每年1.2天。

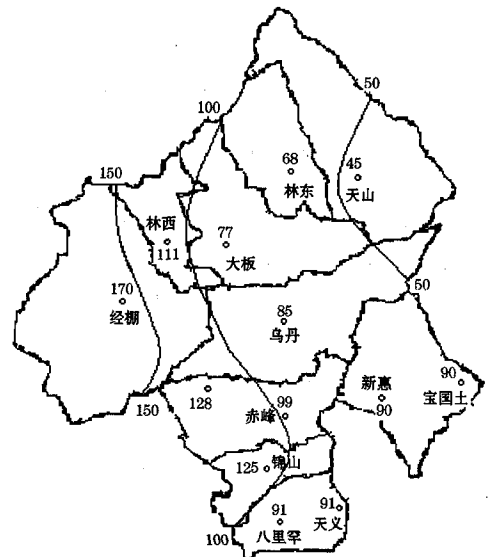


图1 赤峰市1961—2000年降雹日数的地理分布

据统计, 赤峰冰雹天气出现的季节是每年的4月初到10月底, 主要集中在6—7月, 占60%左右(表略), 主要原因是

6、7月该地冷暖空气活跃,对流旺盛,极易形成冰雹云。

由1980—2002年资料统计的不同站次冰雹出现的次数显示(表略),该地冰雹发生的局地性很强,单站冰雹过程出现频率最高,占73%,同一天两站产生冰雹的频率也较大,占27%左右。一日内大于或等于3站出现冰雹的次数相对较少,约占总数的8%,表明该地出现大范围的降雹过程很少。

3 产生冰雹的环流型

3.1 西北气流型

这是一种本地最常见的降雹天气形势,1988—1997年间共有33次,占总数的46.5%。在关键区(指 $38\sim 52^{\circ}\text{N}$ 、 $105\sim 115^{\circ}\text{E}$,下同)内,500hPa高度场上无低值系统,受西北气流控制,850hPa上是低槽前的西南暖湿气流,地面有冷锋或低值区。这样的高低空形势配置,既造成上冷下暖的温度差动平流^[1],有利于雹区未来层结不稳定度的增大,又有利于低值系统的抬升作用。

3.2 前倾槽型

此型共有17次,占总数的23.9%。在关键区内,500hPa槽线比850hPa槽线前倾2~7个经距,这样,高层是500hPa槽后干冷的西北气流,低层是850hPa槽前的暖湿西南气流。前倾槽型与西北气流型的区别在于:西北气流型在关键区内无明显槽线,而前倾槽型在关键区内有明显的槽线。

3.3 冷涡型

此型共有18次,占总数的25.4%。在关键区内,500hPa有冷性闭合低压,低空是槽前的暖湿西南气流。这种环流形势降雹

范围较大,多为连续2天降雹。

3.4 后倾槽型

此型只有3次,占总数的4.2%。在关键区内,500hPa槽前暖高压脊明显,槽前是冷平流。500hPa与850hPa槽线垂直或后倾。此型出现大范围降雹的可能性小。降雹时,常是850hPa影响槽或相应的地面冷锋是从西北或偏北方向移来的。850hPa槽前的西南风速小于 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,且层结不稳定。

4 预报因子的选取

我们以天气动力学理论为基础,从降雹形成的物理原因、天气背景等因素出发,对各降雹型都选取大量的个例进行分析统计,最后选用物理意义明确、相关好、历史拟合率高和稳定可靠的因子作为预报因子。

产生冰雹的环流型中,以西北气流型最多。因此,这里以西北气流型为例,介绍一种客观的冰雹预报方法。西北气流型共有10个反映大气层结状况的指数入选。

(1) 沙瓦特指数 SI

SI 是把850hPa等压面上的湿空气团沿干绝热线上升,到达抬升凝结高度后再沿湿绝热线上升至500hPa时所具有的气团温度(T_s)与500hPa等压面上的环境温度 T_{500} 的差值。

$SI = T_{500} - T_s$,表示这个层次中的条件性不稳定情况。 SI 是反映大气状况的一个指数。当 $SI < 0$ 时,大气层结不稳定,且负值越大,不稳定程度越大,反之,大气层结是稳定的。

统计表明: $SI < 0$ 有雹的概率为15/31,这样就有半数以上的冰雹漏报,为了减少漏报,以 $SI \leq 1^{\circ}\text{C}$ 为界,确定有无冰雹更为明显。因此规定: $SI \leq 1^{\circ}\text{C}$,预报有冰雹,拟合率为23/31。 $SI > 1^{\circ}\text{C}$,预报无冰

雹。

(2) 抬升指数 LI

LI 是把气块从起始高度沿干绝热线上升, 到达抬升凝结高度后再沿湿绝热线上升至 500hPa 时所具有的气团温度 (T_s) 与 500hPa 等压面上的环境温度 T_{500} 的差值。

$LI = T_{500} - T_s$, 表示这个层次中的条件性不稳定情况。它也是反映大气状况的一个指数。当 $LI < 0^\circ\text{C}$ 时, 大气层结不稳定, 且负值越大, 不稳定程度越大, 反之, 大气层结是稳定的。

实际统计表明: 以 $LI \leq 0.5^\circ\text{C}$ 为界, 确定有无冰雹最为明显。因此规定: $LI \leq 0.5^\circ\text{C}$, 预报有冰雹, 拟合率为 26/31, $LI > 0.5^\circ\text{C}$, 预报无冰雹。

(3) 下沉对流有效位能 $DCAPE$

$DCAPE$ 从理论上反映出下沉发生后, 气块下沉到达中性浮力层时所具有的最大动能。其数学表达式为:

$$DCAPE = \int_{p_i}^{p_n} R_a (T_{v_a} - T_{v_p}) d \ln p$$

其中, p_n 是下沉气块到达中性浮力层时所在高度的气压或者地面气压, p_i 是气块开始下沉高度的气压。 T_v 表示虚温, R_a 是干空气气体常数; 温度下标 “ p ” 和 “ a ” 分别为气块和周围环境的相应量。

当 $DCAPE \geq 450$ 时, 预报有冰雹, 拟合率为 23/31; $DCAPE < 450$, 无冰雹。

(4) 深厚对流指数 DCI

DCI 用于确定有发展为深厚对流潜势的区域。

$$DCI = (T_{850} + T_{d850}) - LI$$

第一项为 850hPa 上的气温与露点之和, 第二项为地面至 500hPa 的抬升指数。在 DCI 高值区, 常有明显的对流发生。当 $DCI \geq 20^\circ\text{C}$ 时, 有冰雹, 拟合率为 24/31, 当 $DCI < 20^\circ\text{C}$ 时, 无冰雹。

(5) 0°C 层高度 H_0

0°C 层高度是云中水分凝结高度的下限, 适当的 0°C 层高度是冰雹增长和降落的主要条件之一。当 H_0 在 3.3~4.4km 之间时, 有冰雹, 拟合率为 25/31, 否则无冰雹。

(6) 850hPa 与 500hPa 温度差 ΔT

$$\Delta T = T_{850} - T_{500}$$

ΔT 值越大, 表明上冷下暖越显著, 越有利于对流的发展。当 $\Delta T \geq 28^\circ\text{C}$ 时, 有冰雹, 拟合率为 21/31, 否则无冰雹。

(7) 瑞士雷暴指数 $SWISS$

$SWISS = SI_{850} - 0.4Shr_{3-6} + 0.1(T - T_d)_{600}$
 Shr_{3-6} 为 3000~6000m 气层内密度加权平均垂直风切变。当 $SWISS \leq 7$, 有冰雹, 拟合率 27/31; 否则无冰雹。

(8) 总指数 TT

$$TT = T_{850} + T_{d850} - 2T_{500}$$

TT 越大, 表示越不稳定。当 $TT \geq 46^\circ\text{C}$, 有冰雹, 拟合率 20/31; 否则无冰雹。

(9) 山崎指数 KYT

$$KYT = (\Delta T_a - SI) / (1 + (T_{850} - T_{d850}))$$

其中 SI 为沙瓦特指数, ΔT_a 为 500~850hPa 层的温度平流。当 $KYT \geq 0^\circ\text{C}$, 有冰雹, 拟合率 20/31; 否则无冰雹。

(10) KI 指数

$$KI = T_{850} - T_{500} + T_{d850} - (T - T_d)_{700}$$

当 $KI \geq 24^\circ\text{C}$, 有冰雹, 拟合率 26/31; 否则无冰雹。

5 多因子集成判别

以西北气流型为例, 选取以上 10 个对冰雹有指示意义的因子 (见表 1)。从统计分析可以看出: 并不是每个雹日, 这 10 个因子都能同时达到预报指标, 大多数情况是只有若干个因子满足条件。因此规定: 入西北气流型后, 如果有 ≥ 5 个因子同时达到预报冰雹的指标, 那么就报有冰雹, 否则, 无

冰雹。

表1 西北气流型冰雹的预报因子指标

预报因子	有冰雹指标	出现次数	拟合率/%
ΔT	$\geq 28^{\circ}\text{C}$	21	67.7
H_0	3.3~4.4km	25	80.6
DCAPE	≥ 450	23	74.2
LI	≤ 2.5	26	83.9
SWISS	≤ 7	27	87.1
SI	$\leq 1^{\circ}\text{C}$	23	74.2
KI	$\geq 24^{\circ}\text{C}$	26	83.9
DCI	$\geq 20^{\circ}\text{C}$	24	77.4
TT	$\geq 46^{\circ}\text{C}$	20	64.5
KYI	$\geq 0^{\circ}\text{C}$	20	64.5

按上述标准,对赤峰地区1988至2002年4至9月降雹资料进行计算检验,得出有冰雹日的拟合率为75.8%。该方法已投入当地冰雹预报业务应用,取得了较好的预报效果。

6 总结与讨论

实践表明,应用多因子集成法制作赤峰地区冰雹预报,优于其它方法,提高了冰雹

预报的准确率。但由于赤峰只有一个探空站,所以只能作出有无冰雹的预报,而不能作出具体的冰雹落区预报。目前赤峰市新一代天气雷达已正式运行,根据雷达提供的PPI、RHI等资料,将能够判别云的强度、位置、高度、移动方向、速度及强弱变化等,使冰雹的落区及实效预报成为可能。

参考文献

- 1 朱乾根,林锦瑞,寿绍文. 天气学原理和方法. 北京:气象出版社,1981:281~316;451~454.
- 2 刘玉玲,李耀东,张方友等. 与冰雹预报有关的几个新物理参数. 航空气象科技,1998,6:4~12.
- 3 彭治班,刘健文,郭虎等. 国外强对流天气的应用研究. 北京:气象出版社,2001.
- 4 金永利,张蕾. 北京地区一次降雹过程和冰雹微物理特征. 气象,2002,28(1):18~25.
- 5 刘子英,陆海席,赵秀英等. 逐步消空法在雹云识别中的应用. 气象,2000,26(10):41~44.
- 6 张丰启,刘庆泰. 威海市冰雹天气气候特征. 气象,2001,27(11):35~39.
- 7 裴巨才,李培仁,郭慕萍等. 山西冰雹. 北京:气象出版社,2004:25~108.
- 8 张少文,程玉琴,安新宇等. 赤峰地区一次强雷暴过程诊断分析. 内蒙古气象,2003,4:14~15.