

逐步消空法在雹云识别中的应用^①刘子英¹ 陆海席¹ 赵秀英² 徐玉强¹ 孙艳辉¹ 张纪淮²

(1 内蒙古赤峰市气象局, 赤峰 024000)

(2 中国气象科学研究院, 北京 100081)

提 要

介绍了用天气型、对流参数、雷达回波参数作雹云识别因子,采用逐步消空法找出雹云识别指标集合以及对雹云进行识别的具体方法。

关键词: 雹云识别 逐步消空法 天气型 雷达回波参数

引 言

关于寻找降雹预报指标集的方法,在文献[1]中虽已谈及,但不够具体,也没给出实际例子,本文目的在于:以内蒙古赤峰地区1988~1997年6月西北气流型降雹时的雹云识别为例,说明寻找雹云识别指标集的具体方法,显示每个指标的消空作用以及将小概率事件变为大概率事件的作用,以弥补文献[1]的不足。

本文说的赤峰地区,是指赤峰市管辖的克什克腾旗、林西县、巴林右旗、巴林左旗、阿鲁科尔沁旗、翁牛特旗、松山区、红山区、元宝山区、喀喇沁旗、宁城县、敖汉旗等12个旗(县、区)。

利用赤峰市气象台1988~1997年的历史天气图对赤峰地区雹日08时(北京时,下同)天气形势的分析和统计,发现有以下一些降雹天气型(以500hPa天气图为主划分):西北气流型(46.5%)、前倾槽型(23.9%)、冷涡型(25.4%)、槽线后倾或垂直型(4.2%)。每型后面圆括号中的百分率为赤峰地区雹日中该型雹日所占的百分率。与这些高空形势相配合的地面系统主要有冷锋和气旋。本文说的赤峰地区雹日是指:赤峰市14个地面观

测站中一天内有1站或多于1站降雹,1988~1997年4~9月共出现228个雹日,各月所占的百分率分别为:4月为0.4%、5月13.2%、6月为32.5%、7月为25.0%、8月为15.8%、9月为13.2%。可以看出,赤峰地区的雹日有近一半来自西北气流型,主要集中在6月。因此,本文以西北气流型6月份的雹日为例进行说明。

1 利用天气型消空

Anthes^[2]认为,中尺度天气现象,如飓风、强雷暴以及雹暴等都不是随机发生的现象,而是强烈地取决于大尺度环流系统以及有关的热力场与水汽场;Ostby^[3]也认为,美国局地强风暴室(SELS,1953~1995)制作预报强对流事件的原理开始于大尺度天气系统。可能正是出于以上考虑,美国局地强风暴室非常看重天气型识别在强天气事件潜势预测中的作用。Anthes和Ostby提出的观点和做法,与我们的经验及做法一致。

西北气流型^[4]是指:08时500hPa等压面图上,赤峰地区处于槽后西北气流里,有冷平流,而在850hPa是低压槽前的西南暖湿气流。这样的高低空形势配置,既有利于层结不稳定的进一步发展,又有利于出现抬升作

① “内蒙古防雹减灾新技术和冰雹专项预报研究”、“新一代气象服务体系研究”课题共同资助。

用。

在1988~1997年6月的300天内,共有74个雹日,雹日几率为 $74/300 \approx 24.7\%$ 。而西北气流型共有44天,在西北气流型下共出现31个雹日,雹日几率为 $31/44 \approx 70.5\%$ 。空报次数为 $N_{\Sigma} = (N_{88} + N_{89} + \dots + N_{96} + N_{97}) = (2 + 1 + 2 + 1 + 0 + 2 + 2 + 1 + 0 + 2) = 13$ (天),式中的10个数字,依序代表有关量在1988~1997年6月出现的天数(由于篇幅所限,有关统计表略)。由此可以看出,增加西北气流型的条件后,雹日几率增加了45.8%,其消空作用及使小概率事件变为大概率事件的效果非常明显。其它天气型处理方法类似,不再一一讨论。

2 利用深厚对流指数DCI消空

Johns与Doswell^[5]指出,几乎所有的局地强风暴事件(包括降雹)都与深对流有关。而要达到深对流必需具备下列三个条件:1)在对流层的下部有足够的潮湿层。2)有足够的温度直减率。3)潮湿层的气块能充分抬升以达到自由对流高度。为了定量表示前两个条件,Barlow引入了一个深厚对流指数DCI^[6]:

$$DCI = (T + T_d)_{850} - LI \quad (1)$$

其中右边第一项为850hPa上的气流与露点温度之和,第二项为地面至500hPa的抬升指数。可以想见,DCI是可以利用08时探空资料在午后的雹云出现前算出。

由1988~1997年6月所有西北气流型雹日的深厚对流指数看出,它们的DCI均大于、等于15.4^①。于是,我们选取 $DCI \geq 15.4$ 作为一个预报因子,并记为 X_1 。

1988~1997年6月满足 X_1 的西北气流型共有 $(4+3+2+5+4+6+6+3+4+6) = 43$ (天),而且该43天中雹日共出现 $(2+2+1+4+4+4+4+2+4+4) = 31$ (天),降雹几率为 $31/43 \approx 72.1\%$ 。由此得出,增加预报指标 X_1 后,降雹几率增大了2个百分点左右,

使空报次数从上一次的13天减少为 $(2+1+1+1+0+2+2+1+0+2) = 12$ (天),显示出 X_1 在消空及使小概率事件变为大概率事件方面有一定作用。

3 利用云体负正温区厚度比 h_-/h_+ 消空

Radinovlo^[7]认为,Cb云冷、暖区厚度的比率(h_-/h_+)也可用于确定冰雹的发生。随着比率的增大,降雹的概率也明显增加。当然,其比率受到地区、季节和天气形势的影响。云体负正温区厚度比 h_-/h_+ 的表达式为:

$$h_-/h_+ = (h - h_0)/(h_0 - CCL) \quad (2)$$

其中 h 为云顶高度, h_0 为0℃层高度,CCL为对流凝结高度(本文用其代替对流云的云底高度)。

根据赤峰地区1988~1997年6月所有西北气流型雹日的711雷达观测资料和探空资料计算得出,它们的 h_-/h_+ 均大于、等于2:1。因此,我们选取 $h_-/h_+ \geq 2:1$ 作为一个预报因子^②,并记为 X_2 。

同时满足 X_1 与 X_2 的西北气流型共有 $(3+3+2+5+4+4+5+2+4+6) = 38$ (天),其降雹几率为 $31/38 \approx 81.6\%$ 。由此得出,增加降雹指标 X_2 后,降雹几率增大了10个百分点左右。使空报次数从上一次的12天减少为 $(1+1+1+1+0+0+1+0+0+2) = 7$ (天), X_2 的消空作用及使小概率事件变为大概率事件的作用非常明显。

4 利用较强回波顶高度 H_i 消空

形成冰雹的一个重要条件是云体内必须有大量的水汽及其生成物,并有强的上升气流把它们带到自然冰晶化的最优层次以上^[8]。一般而言,回波顶高度只是反映了对流云发展强度所具有的高度,但云中强反射区所在的高度并没有表现出来。较强回波顶高

① 本文所用DCI等指标系用刘键文、刘玉玲、李耀东、张方友等“强对流天气分析预报参数软件包”(SCAFP)计算出。

② 将 X_2 称为雹云“识别因子”或“识别指标”也许更确切。

度(本文取衰减 20dBz 以后的回波顶高度代表 H_s)却能很好地反映出强回波区所在的高度。因此,采用较强回波顶高度识别雹云比直接用回波顶高度识别雹云效果更好。

根据 1988~1997 年 6 月所有西北气流型降雹日的 711 雷达观测资料统计得出,它们的较强回波顶高 $H_s \geq 8.8\text{km}$ 。这就是说,我们可以选取 $H_s \geq 8.8\text{km}$ 作为另一个预报因子,并记为 X_3 。

需要指出的是,当某日有几块雹云时, X_3 是指所有的雹云都满足关系式 $H_s \geq 8.8\text{km}$ 。统计得出,同时满足 X_1 与 X_2 与 X_3 的西北气流型共有 $(2+2+1+5+4+4+4+2+4+5) = 33$ (天),其降雹几率为 $31/33 \approx 93.9\%$ 。由此得出,增加降雹指标 X_3 后,降雹几率比仅考虑 X_1 与 X_2 时又增加了近 12 个百分点,使空报次数从上一步的 7 天减少为 $(0+0+0+1+0+0+0+0+0+1) = 2$ (天), X_3 的消空作用及使小概率事件变为大概率事件的作用也非常明显。

5 利用回波强度 Z 消空

回波强度 $Z^{[9]}$ 的表达式为:

$$Z = \int_0^{\infty} n(D)D^6 dD \quad (3)$$

其中 n 为气象目标内部降水粒子的数密度, D 为降水粒子的直径。

由式(3)可见,雷达反射率因子 Z 和粒子直径的 6 次方成正比。反射因子 Z 值的大小,通常用来表示气象目标的强度。由理论和雷达实际观测可知:雹云回波的最大反射因子通常大于一般雷雨云。因此, Z 值也是判别雹云的又一个重要指标。

由赤峰地区 1988~1997 年 6 月所有西北气流型雹日的雷达观测资料得出,雹云的 Z 值均大于、等于 50dBz(当某个雹日有几块雹云时,所有的雹云都满足 $Z \geq 50\text{dBz}$)。因此,我们可以选取 $Z \geq 50\text{dBz}$ 作为一个预报因子,并记为 X_4 。同时满足 X_1 与 X_2 与 X_3 与

X_4 的西北气流型共有 $(2+2+1+4+4+4+4+4+2+4+4) = 31$ (天),其降雹几率为 $31/31 = 100\%$ 。由此得出,增加降雹指标 X_4 后,降雹几率又增加了近 6 个百分点,使空报次数从上一步的 2 天减少为 $(0+0+0+0+0+0+0+0+0+0) = 0$ (天), X_4 具有一定的消空作用与使小概率事件变为大概率事件的作用。

由上述结果得出,西北气流型日期 X_1 与 X_2 与 X_3 与 X_4 为赤峰地区 6 月份西北气流型下雹云识别的指标集合。

6 效果检验

为了检验上述雹云识别指标集合的使用效果,我们用 1998 年 6 月的资料做了回报检验(表略)。1998 年 6 月赤峰地区共发生 8 天降雹天气,其中西北气流型 4 天,其它天气型 4 天。利用逐步消空法找出的雹云识别指标集合,分别识别出了 9、14、16、21 日共 4 天(4 个雹日)的所有雹云,没有漏报和空报, $CSI = 4/(4+0+0) = 100\%$ 。

7 1999 年 6 月试报情况

1999 年 6 月赤峰地区共出现 9 天降雹天气,其中西北气流型 4 天,其它天气型 5 天。利用逐步消空法找出的雹云识别指标集合,分别识别出了 2、9、17、25 日共 4 天(4 个雹日)的所有雹云,没有漏报,只有 1 天(8 日)根据指标集合识别为雹云,但实际不是雹云,属于“空报”, $CSI = 4/(4+0+1) = 80\%$ (表略)。

8 小结

Doswell^[10]认为,龙卷预报包括两部分:对风暴环境中龙卷潜势的预测以及一旦风暴发展时对龙卷风暴的监测识别。Johns 与 Doswell^[5]指出, Doswell 的上述思路,即把风暴预报问题划分为潜势预测和监测识别,同样适用于降雹预报问题。McNulty^[11]在论及冰雹预报问题时也认为,一旦对流云形成,就要用雷达监测识别:发展出的对流云中,有没

有雹云;若有,哪块是?赤峰市气象台解决降雹预报问题的思路,完全与上述思路一致。本文属于运用雷达监测识别雹云方法的技术总结。

在日常业务中,能不能将上述的潜势预测和雷达识别雹云有机地结合起来呢?本文做了这方面的尝试。国外也有做类似尝试者(例如文献[12])。这样做的优点是不仅克服了只用雷达回波参数识别雹云未与天气形势结合的不足,而且又充分突出了天气型在雹云识别中的重要作用。

利用本文方法找出的指标集在1998年的回报和1999年的试报中只出现1次空报,检验效果及试报效果令人满意。对发展强烈的大范围成灾性的降雹雹云,识别效果尤为明显。

参考文献

- 1 孔燕燕,彭治班,赵秀英等.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.
- 2 Kuo, Ying-Hwa, and George T-J. Chen, The International Conference on Mesoscale Meteorology and TAMEX 3~6 December 1991. Taipei, Taiwan. Bull. Amer. Met. Soc. 1992, 73; 1611~1622.

- 3 Ostby, F. P., Operations of the National Severe Storms Forecast Center. Wea. Forecasting, 1992, 7; 546~563.
- 4 刘景涛,罗孝逞.内蒙古自治区天气预报手册(下册).北京:气象出版社,1987,2:132.
- 5 Johns, R. H. and C. A. Doswell III, Severe Local Storms Forecasting. Wea. Forecasting. 1992, 7; 588~909.
- 6 Barlow, W. R., A New Index for the Prediction of Deep Convection. Preprints, 17th Conf. on Severe Local Storms, AMS, 1993; 129~132.
- 7 Radinovlo, D. and D. Banjevic, Development of Improved Criteria for Hail Suppression Seeding in Serbia. J. Wea. Modif., 1996; 35~38.
- 8 李祚泳,刘少依,邓新民等.用雷达回波资料识别雹云的最新进展.成都气象学院学报,1993,(1):72~77.
- 9 张培昌,戴铁丕,杜秉玉等.雷达气象学.北京:气象出版社,1988,12:8~17.
- 10 Doswell, C. A. III, S. J. Weiss, and R. H. Johns. 1993; Tornado Forecasting: a Review. Proc., Tornado Symp. III. C. Church. Ed., Amer. Geophys. Union.
- 11 McNulty, R. P., Severe and Convective Weather; A Central Region Forecasting Challenge. Wea. Forecasting, 1995, 10; 187~202.
- 12 Wehrg, W., L. Lesch and C. Gerech, Nowcasting of Extreme Weather Events Like Large Amount of Convective Rain or Hail in Central Europe. Preprints, 16th Conf. on WAF, AMS, 1998; 323~325.

The Application of Stepwise Decreasing FAR Method to Hail Cloud Recognition

Liu Ziyang¹ Lu Haixi¹ Zhao Xiuying² Xu Yuqiang¹ Sun Yanhui¹ Zhang Jihuai²

(1Chifeng Meteorological office, Inner Mongolia, 024000)

(2Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract

A detail method of recognizing hail cloud was introduced by stepwise decreasing FAR. The synoptic pattern, convective parameter and radar echo parameter were used for the factors to produce the indicator set of hail cloud recognition.

Key Words: recognizing hail could stepwise decreasing FAR method synoptic pattern radar echo parameter