

独立参数降雹条件概率法 识别雹云之探讨

张明祥

还爱霞

(福建省气象局,福州 350001) (福建省气象台)

提 要

利用江苏盐城和福建雷达回波资料、探空资料、天气实况,对独立参数降雹条件概率法识别雹云的应用范围,零度层高度对识别准确率的影响以及如何选取区分水平高的参数等问题进行了探讨,得出一些有意义的结论,有一定的实用价值。

关键词: 条件概率 雹云识别 云回波资料

引 言

雷达识别雹云是冰雹短时预报的基础,也是人工消雹作业的前提。由于独立参数降雹条件概率法识别雹云具有比较客观、定量等特点,所以我们要对它的适用范围以及如何提高其识别准确率进行探讨。

本文利用江苏盐城和福建雷达回波资料、探空资料及天气实况,对福建中北部、江苏北部两地应用独立参数降雹条件概率法识别降雹雹云的效果和零度层高度对识别准确率的影响进行分析比较,同时还对如何选取区分水平高的参数进行探讨,得出一些有意义的结论。

1 资料及其处理

1.1 雷达回波资料

1.1.1 选用江苏盐城 1982—1986 年,4—8 月雷达回波样本 270 个。其中 48 个为冰雹天气,222 个为雷雨大风或阵雨天气(以上降雹雷达回波资料均取降雹前 10 分钟内,下同。)

1.1.2 选用福建各有关雷达站 1981—1989 年 3—6 月雷达回波样本 182 个。其中 46 个为降雹天气,136 个为雷雨大风或阵雨天气。

1.2 探空资料

取与以上雷达回波资料相应的当天 08 时或 20 时的探空资料,求得零度层高度和回

波顶及强回波区顶相应的温度。

1.3 天气实况资料

由各雷达站或气象站提供。

2 独立参数降雹条件概率法适用地区之探讨

独立参数降雹条件概率法(以下简称降雹条件概率法),最初是由苏联 M. T. Азьцаев 提出^[1,2],并在苏联使用,被认为相当有效。但这方法对我国是否适用?是否要进一步完善?这是需要分析研究的。为此,我们选取江苏北部和福建中北部两个地区进行比较。前者位于 33°N 左右,境内以平原为主,后者位于 26°N 左右,以丘陵山地为主,因此具有一定的代表性。我们的目的是验证该方法在两个地区是否都很有效。

我们在分析成雹物理机制基础上选用了 4 个参数,即回波强度(dBz)、回波顶温度(T_m)、强回波区顶温度(T_s)及零度层高度(H_0)^[3,4]。这里强回波区的定义是回波信号衰减到接近雷达接收机噪音水平时再增益 10 分贝所显示的回波区域。应用降雹条件概率公式:

$$P_h = \left[1 + \frac{\rho_s(\text{dBz})}{\rho_h(\text{dBz})} \cdot \frac{\rho_s(T_m)}{\rho_h(T_m)} \right]$$

$$\left. \frac{\rho_s(T_s)}{\rho_h(T_s)} \cdot \frac{\rho_s(H_0)}{\rho_h(H_0)} \right\}^{-1} \quad (1)$$

其中 $\rho_h(x_i)$ 和 $\rho_s(x_i)$ 分别表示参数 x_i 的降雹和非降雹的分布密度。

具体做法是：首先利用盐城、福建两地的雷达回波资料、探空资料及天气实况，分别作出回波强度(dBz)、回波顶温度(T_m)、强回波区顶温度(T_s)、零度层高度(H_0)的降雹和非

降雹的条件概率分布密度曲线图。如图1所示。识别雹云时再根据回波强度等4个参数实测值从图上找出 $\rho_s(x_i)$ 和 $\rho_h(x_i)$ 的值，代入公式(1)可求得降雹条件概率 P_h 值。为了求出降雹和非降雹的识别指标，我们分别对盐城、福建的回波资料，利用公式(1)进行计算，其 P_h 值分布如表1。

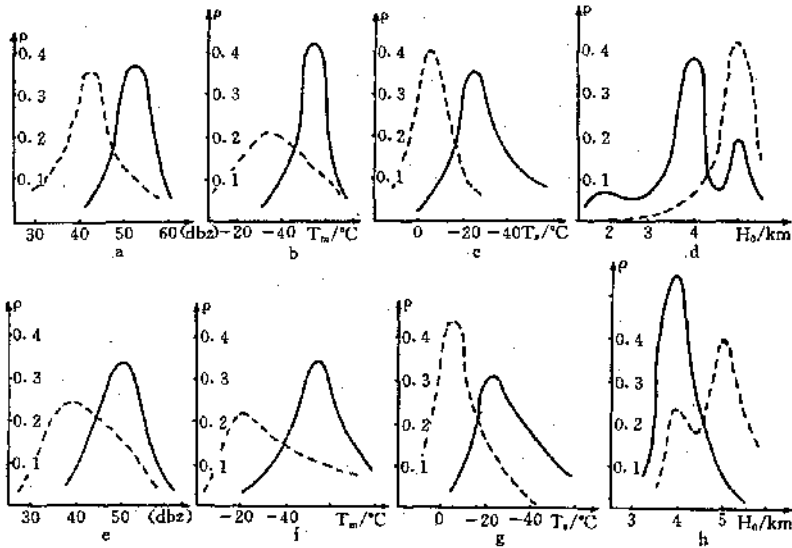


图1 4参数对降雨和冰雹的条件分布密度

虚线：降雨；实线：冰雹；a-d为盐城，e-h为福建

表1 福建、盐城不同 P_h 值时样本数分布(4参数)

P_h 值		≤ 0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	≥ 0.9	合计
福建	冰雹样本数			1				1	6	38	46
	非冰雹样本数	121	9		1	1		3	1		136
盐城	冰雹样本数							2	6	40	48
	非冰雹样本数	201	4	5	3	3	1	2	1	2	222

从表1可以看出，两地的降雹条件概率 P_h 值大部分集中在0.8以上，而非降雹的条件概率 P_h 值大部分小于0.2。如果规定 $P_h \geq 0.8$ 为降雹， $P_h \leq 0.2$ 为降雨，再根据：

准确率 =

$$\frac{\text{用指标报对的次数}}{\text{用指标预报的次数} + \text{漏报的次数}} \times 100\%$$

则识别准确率如表2所示。

表2 4参数识别准确率/%

	降雹识别	非降雹识别
福建	94	96
盐城	90	92

所以在判别时，我们规定： $P_h \geq 0.8$ 时为冰雹； $P_h \leq 0.2$ 时为降雨；当 $0.2 < P_h < 0.8$ 时为雷雨大风。

3 零度层高度对降雹的影响

冰雹的生成、增长以及降落形成冰雹的过程是复杂的,是由多种因素决定的,因此综合使用多参数识别雹云可以提高识别的准确率。苏联学者用降雹条件概率法识别雹云时,只用3个参数即回波最大反射率、回波顶温

度、强回波区顶温度,就可得到满意的结果。但是,如果我们完全照搬这3个参数,不难发现识别准确率会明显下降。为了说明问题,我们将选取3个参数时的 P_h 值分布列表3所示。

表3 福建、盐城3参数 P_h 值样本数分布表

P _h 值		≤0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	≥0.9	合计
福建	冰雹样本数	1					5	2	2	36	46
	非冰雹样本数	113	2	1	4	3	2	2	4	5	136
盐城	冰雹样本数		1	2	1	1	3	1	2	37	48
	非冰雹样本数	196	5	3	3	1	4	5	4	1	222

我们同样用前面的规定,则其识别准确率如表4所示。

表4 3参数识别准确率/%

类别	降雹识别	非降雹识别
福建	69	84
盐城	74	90

从表4可见,采用3参数与前面4参数相比,4个参数识别准确率明显优于3个参数。这说明增加零度层高度对提高识别降雹的准确率十分重要。关于这一点,一方面可从降雹的物理过程上分析,零度层高度的高低对冰雹降落的融化起着重要作用;另一方面,从图1也可看出,比较两地各个参数分布密度曲线,差别较大的是零度层高度。这可能是由于南北两地降雹的物理机制有所不同的缘故。北方以冷性降雹为主,南方以暖性降雹为主。因此增加零度层高度,可以更多地考虑不同地方的降雹特点。

4 参数分辨率之探讨

实践表明,独立参数降雹条件概率法识别雹云如何选取参数,是至关重要的。根据文献[1]、[2]选取参数的原则,归纳起来有三点:其一,选取互相独立的参数;其二,选取物理意义明确的参数;其三,选取实际区分冰雹云和阵雨云水平高的参数。关于前面两点选取的条件是明确的,但第三点文献未作详细说明,而只是根据阈值判别雹云实际误差来决定取舍。这在实际选取参数时,就显得很不方便,为此,我们引入“参数分辨率”这个概

念,可较快地对某参数区分雹云和阵雨云的水平作出判断。

我们知道,利用降雹条件概率法识别雹云,选取任意一个参数,都存有一对雹云、阵雨云分布密度曲线,并且每条分布密度曲线所围的概率为1。为了研究方便,我们假设两条分布密度曲线完全一样,并且还参数的取值区间N等分,如图2所示。这样就可将概率密度问题转化为概率计算。当两条分布密度曲线完全重叠时,该参数无法区别雹云和阵雨云,我们称这个参数分辨率为零;当两条曲线有一端首尾相接时,我们很容易十分准确地将雹云和阵雨云区分开,我们称这个参数的分辨率为1;不难理解,当两条曲线部分重叠时,该参数分辨率介于0与1之间。

现在我们再分析某参数两条分布密度曲

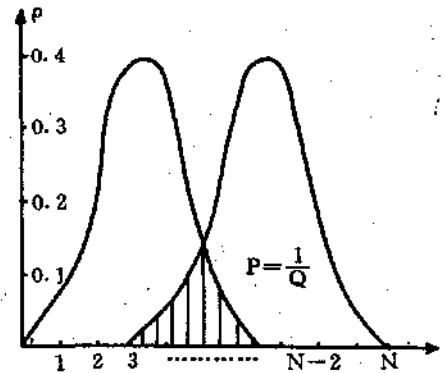


图2 参数分辨率示意图

线所围的不重叠部分的概率值与参数分辨率的关系。从公式1可以看出,要提高区分冰雹云和降雨云的水平,即 P_k 接近1或0,就要使某参数的 $\rho_s(x_i)/\rho_h(x_i)$ 尽量大或尽量小。在数学上我们用 $|\rho_s(x_i) - \rho_h(x_i)|$ 的值来表示,其值越大则 P_k 值就越接近于1或0。从总体上说,就要求参数在测定区间内 $\sum_{j=1}^N |P_{sj} - P_{hj}|$ 值尽量大。(其中 P_{sj} 与 P_{hj} 分别表示某参数在 j 段的非降雪与降雪的概率)。即两曲线所围不重叠部分概率的和越大,则其分辨率越高。现设 $K = \sum_{j=1}^N |P_{sj} - P_{hj}|$,并计算图

2的 K 值。显然,重合时 $K=0$,首尾相接时 $K=2$ 。若重叠部分的概率为 $1/\theta$,则 $K=2(1 - \frac{1}{\theta})$ 即 K 介于0与2之间。为此我们定义参数分辨率 $M=K/2$ 。这样我们在选取参数时,只要求出参数在各间隔段的频数,然后根据 $M = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^N |P_{sj} - P_{hj}|$ 求出参数分辨率 M 的值, M 值越大,分辨水平越高。这样选取参数就显得非常简便。

为了验证这种方法,我们先根据福建资料分别求出上述4个参数的 M 值。为此,我们将4个参数各间隔的频数,列表5所示。

表5 4个参数降雪与非降雪频数

回波强度 /dBz	降雪	非降雪	回波顶 温度/°C	降雪	非降雪	强回波区 顶温度/°C	降雪	非降雪	零度层 高度/km	降雪	非降雪
30—40		0.13	0—9		0.02	10—1		0.19	3.2—3.6	0.05	0.01
35—39	0.05	0.25	-10—-19		0.24	0—9		0.49	3.7—4.1	0.55	0.22
40—44	0.07	0.26	-20—-29		0.23	-10—-19	0.15	0.23	4.2—4.6	0.33	0.14
45—49	0.35	0.26	-30—-39	0.09	0.13	-20—-29	0.35	0.04	4.7—5.1	0.07	0.41
50—54	0.36	0.08	-40—-49	0.15	0.15	-30—-39	0.22	0.04	5.2—5.6		0.22
55—59	0.16	0.02	-50—-59	0.36	0.08	-40—-49	0.17	0.01			
60—64		0.01	-60—-69	0.25	0.07	-50—-59	0.09				
			-70—-79	0.15	0.09	-60—-79	0.02				

从表5,我们可以计算出4个参数的分辨率 M 值。

$M_{dBz} = 0.52; M_{T_m} = 0.53; M_{T_r} = 0.76;$
 $M_{H_0} = 0.56$ 用同样方法,可求出盐城4个参数的 M 值。

$M_{dBz} = 0.54; M_{T_m} = 0.56; M_{T_r} = 0.67;$
 $M_{H_0} = 0.58$

从上面可以看出:

①4个参数的分辨率均大于0.5;

②零度层高度参数分辨率比回波强度,回波顶温度略大,说明选取零度层高度是必要的。

③强回波区顶温度的分辨率最大,说明判别雹云最灵敏。这与有的地区用强回波中心判别雹云相吻合。

5 识别指标的预示作用

前面我们对降雪雹云的识别进行了探讨,并得出了降雪的识别指标。但是,识别指标是否有预报意义,这是我们很关心的。为此,我们也作了初步的探讨。我们对数例雷达跟踪观测的回波资料与降雪实况进行比照分析,发现降雪的识别指标具有一定的提前量,有的降雪可滞后20分钟,甚至50多分钟。如表6所示。

表6 降雹滞后情况

降雹日期	89. 3. 15	89. 4. 2	89. 4. 3	89. 4. 19	90. 4. 22
P_h 值达到 0.8 的时间	14 : 30	19 : 06	13 : 30	1 : 18	17 : 10
实际降雹时间	15 : 00	20 : 00	14 : 08	1 : 39	17 : 30
降雹滞后时间/分钟	30	54	38	21	20

识别指标为什么会有提前量?我们知道,雹云形成过程主要经历三个阶段,即发展阶段、成熟阶段和消散阶段,而一般降雹发生在成熟阶段。个例分析表明,处于成熟阶段的回波参数相对比较稳定或者略有起伏,并且能维持一段时间(个例略),所以当 P_h 达到 0.8 时,并不一定都立即降雹。识别指标可作外推预报,尤其对“间歇性”降雹来说,识别指标可为下游提供降雹的预报信息。当然识别指标提前量到底有多大?这还有待于深入研究。

6 结束语

经过对江苏盐城,福建两地利用降雹条件概率法识别雹云的分析 and 两地区 3 参数与 4 参数的比较,以及对参数分辨率的探讨,我们得出如下结论:

6.1 独立参数降雹条件概率法识别雹云在我国是适用且有效的。

6.2 选取零度层高度作为识别参数,对提高

识别雹云的准确率很有作用。

6.3 引入“参数分辨率”是可行的。参数分辨率越大,其区分雹云和阵雨云的水平也越高。4 个参数分辨率均大于 0.5,其中强回波区温度分辨率最大,说明其区分雹云和阵雨云水平最高。

6.4 初步探讨表明,识别指标对短时预报来说是有预示作用的。

参考文献

- 1 中国科学院大气物理研究所雷达组编. 雷达探测冰雹云. 北京: 科学出版社, 1980 年.
- 2 苏·B·几斯捷帕年科著. 雷达在气象上应用. 北京: 科学出版社, 1979 年.
- 3 张明祥. 还爱雹. 降雹雹云的识别及其短时预报. 运用雷达作强对流天气短时预报研究文集, 北京: 气象出版社, 1990 年.
- 4 张明祥. 冰雹云的识别和短时预报. 福建气象, 1991 年第 3 期.

An Approach to Distinguishing of Hail Cloud with Independent Parameter Conditional Probability

Zhang Mingxiang Xuan Aixia

(Fujian Meteorological Bureau, Fuzhou 350001)

Abstract

Based on the Radar echoes, sounding data, real weather at Yancheng, Jiangsu Province and Fujian Province, an approach to some problems, such as the applicable range of distinguishing of hail cloud with independent parameter conditional probability, the effect of the height of 0°C level on the distinguishing accuracy, the choice of parameters and so on.

Key Words: conditional probability distinguishing of hail cloud echo