

雷达识别冰雹云的综合指标方法

李子华 宫福久 徐书田 林大强*

(辽宁省气象研究所) (南京大学) (辽宁省昭盟气象局)

一、引言

及时地识别冰雹云,对于适时作业,搞好防雹具有极大的现实意义。测雨雷达识别冰雹云已在国内外广泛使用,但迄今为止还没有一个绝然的定量指标足以在雷达屏幕上把冰雹云和雷雨云明确地区别开来。辽宁省气象研究所和昭盟气象局从1973年起,利用“711”雷达在昭盟林西县进行了这方面的观测研究工作。五年来的观测经验证明,识别冰雹云需要综合地考虑一些因子,其中有定量的,如回波顶高度、强回波顶高度、负温区厚度和回波强度等;还有不定量的,如回波的外形结构特征及其演变规律等。本文利用多因子综合相关法,把上述两类因子结合在一起,建立定量的综合指标。结果表明,这个指标使用方便,准确率和可靠性都比较高。

二、方 法¹⁾

用多因子判别雹云的方程可写为

$$Y = \frac{1}{n} (P_{1A}x_{1A} + P_{1B}x_{1B} + P_{2A}x_{2A} + P_{2B}x_{2B} + \dots + P_{nA}x_{nA} + P_{nB}x_{nB}) \quad (1)$$

式中 n 为判别因子数; x_{1A} 为判别是冰雹云的第一个指标,符合这个指标时令它为 1, 不符合时则令它为 0; x_{1B} 为判别不是冰雹云的第一个指标,符合这个指标时令它为 1, 不符合时令它为 0; P_{1A} 是满足指标 x_{1A} 时降雹的条件概率,即

P_{1A} = 其中实际雹云数/满足指标 x_{1A} 的雹云数;

P_{1B} 为满足指标 x_{1B} 时降雹的条件概率,即

P_{1B} = 其中实际雹云数/满足指标 x_{1B} 的非雹云数。

余可类推。

要求判别因子 x_1, x_2, \dots, x_n 相互独立且与雹云的相关性好,而且选用 5 个以上因子为佳。

系数 $P_{1A}, P_{1B}, P_{2A}, P_{2B}, \dots$ 可以从历史资料中标出,因子选择得好, P_{1A}, P_{2A}, \dots 接近 1, P_{1B}, P_{2B}, \dots 接近 0。当然实际情况不一定这样理想。

1978年6月6日收到修改稿。

* 辽宁省气象研究所苏景宝、宋奎良、李树纯同志,南京大学马建徽、葛新伦同学参加了本文部分工作。

1) 参见中国科学院大气物理研究所编著,《人工防雹讲义》1975。

综合指标 \bar{Y} 可根据实际资料计算若干个雹云单体和雷雨云单体来予以确定。如果雹云回波的 Y 值下限为 Y_1 , 雷雨云回波的 Y 值上限为 Y_2 , 则可选 \bar{Y} , 令

$$Y_2 < \bar{Y} < Y_1$$

当 $Y > \bar{Y}$, 则判断为冰雹云回波, $Y < \bar{Y}$, 则判断为非雹云回波。

三、指 标

我们使用经过标定的雷达资料和探空资料, 普查了 1976—1977 年 6—9 月出现 115 块雷暴单体, 其中降雹云回波 36 块、非雹云回波 79 块。对每块回波单体的外形结构特征, 回波顶高度及回波顶高度处的环境温度, 强回波 ($Z_e = 10^4 \text{ mm}^6/\text{m}^3$) 高度及强回波顶处的环境温度, 回波厚度、负温区厚度、正温区厚度及它们的比值, 最大反射因子 (Z_e) 等进行了分析和统计。结果表明, 回波外形结构特征、回波顶高度、强回波高度、负温区厚度和最大反射因子等五个因子比较好。它们具备相互独立, 与雹云回波相关性好的条件。因此, 确定雹云回波的具体指标是:

1. 回波外形结构上具有涡旋、钩状、指状、V 形缺口、锯齿状、带状波动等特征, 或者带状回波有强的中心, 或者块状回波明亮且水平尺度大于 15 公里;
2. 回波顶海拔高度大于 10.9 公里;
3. 强回波顶海拔高度大于 7.9 公里;
4. 负温区厚度大于 6.9 公里;
5. 反射因子 Z_e 大于 $1.2 \times 10^5 \text{ mm}^6/\text{m}^3$.

满足上述各项指标的条件概率如下表

表 1

外 观 特 征 (x_1)		云 顶 高 度 (x_2)	强 回 波 高 度 (x_3)	负 温 区 厚 度 (x_4)	反 射 因 子 (x_5)
P_A	0.81	0.77	0.76	0.78	0.51
P_B	0.10	0.08	0.09	0.09	0.16

把这些系数代入方程(1), 并且省掉括号前的 $1/5$, 则得

$$Y = 0.81x_{1A} + 0.10x_{1B} + 0.77x_{2A} + 0.08x_{2B} + 0.76x_{3A} + 0.09x_{3B} + 0.78x_{4A} + 0.09x_{4B} + 0.51x_{5A} + 0.16x_{5B} \quad (2)$$

根据(2)式分别计算 115 块回波单体的 Y 值。计算结果表明, 雹云回波的 Y 值绝大部分大于 2.00, 非雹云回波的 Y 值绝大部分小于 2.00。因此, 可以确定综合指标 $\bar{Y} = 2.00$ 。当 $Y \geq 2.00$ 时, 则判断为雹云; 当 $Y < 2.00$ 时, 则判断为非雹云。它对历史资料

表 2

	符 合 $Y \geq 2.00$ 的	符 合 $Y < 2.00$ 的
雹 云	32	4
非 雹 云	6	73

的概括情况如表 2。

这个指标对历史资料的概括率是 $105/115 = 91.3\%$, 漏掉了 4 块雹云 (约占雹云总数的 11%), 空报了 6 次 (约占非雹云总数的 8%)。

综合后的条件概率与综合前的条件概率比较如表 3。

表 3

	综合后	综合前
符合雹云指标的	$P_A = 32/38 \approx 84.2\%$	$P_{1A} = 0.81$ $P_{2A} = 0.77$ $P_{3A} = 0.76$ $P_{4A} = 0.78$ $P_{5A} = 0.51$
不符合雹云指标的	$P_B = 4/77 \approx 5.2\%$	$P_{1B} = 0.10$ $P_{2B} = 0.08$ $P_{3B} = 0.09$ $P_{4B} = 0.09$ $P_{5B} = 0.16$

由表 3 可见, 综合后符合指标的综合条件概率增大, 不符合指标的条件概率减小, 因此可以认为综合是有效的。

四、讨 论

用多因子综合相关法来识别冰雹云的优点是, 综合考虑了多个因子的作用, 而且由于每个因子只分两档, 在计算中最后都以“0、1”出现, 因此一些非定量的指标, 如回波的外形结构特征, 都可作为重要因子加以应用。使用中也非常简便, 只要我们看到平显和高显上的图像, 就可以迅速作出判断。但是, 我们统计的资料不够多, 因而指标可能有局限性, 而且所用回波资料绝大部分都是在半径 100 公里以内观测的, 因而这个指标只能适用于这个范围, 对于 100 公里以外是否仍适用, 还有待研究。

在我们所采用的五个因子中, 反射因子的效果要差一些, 原因可能有二: (1) Z_e 是用最大增益衰减计算出来的, 这种测算方法误差较大。(2) 最大反射因子多在云的下部测得的, 在这个部位冰雹云和雷雨云的 Z_e 值差别不大, 今后用 4 公里以上的 Z_e 值判别冰雹云可能更好些。