

预报冰雹的方法

张喜轩

(中国科学院兰州高原大气物理研究所)

目前, 预报冰雹的方法很多, 但效果都不很好。近来, 我们结合层结的水汽条件、余额不稳定度 5°C 处的环境温度、最大不稳定度大小等条件, 综合判断, 作冰雹预报, 效果较好。今简要介绍如下。

一、预报因子和指标

(一) 预报因子的计算 (见图 1)

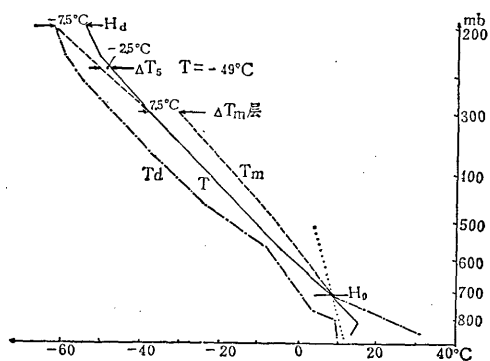


图 1 计算方法示意图
 H_0 为对流凝结高度
 H_d 为计算云顶高度 (下同)

第一步: 计算云底高度。在 $T-\ln p$ 图上, 利用 07 时的探空资料, 计算当天的云底高度。我们计算的是对流凝结高度, 即用离地面 1,500—2,000 米的平均湿度, 沿等比湿线上升所得出的与层结曲线的交点。根据我们的实践, 当大气下层处于中等湿度状态时, 需考虑太阳辐射增温的作用; 当大气下层处于高湿状态时, 则不必考虑离地 1,500—2,000 米高度干绝热下延线增温的作用。

第二步: 计算不稳定度。假定云内按湿绝热温度递减率变化, 从云底开始算起, 一直计算到最大不稳定层为止 (图 1 例中为 7.5°C)。不稳定度 $\Delta T = T_m - T$, T_m 为湿绝热温度, T 为层结温度。这样计算的物理意义在于: 在最大不稳定层以上, 云中的垂直速度, 将因其层结出现负的不稳定能量, 即 $r < r_m$, 而逐步减速。 r 为层结温度递减率, r_m 为湿绝热温度递减率。

第三步: 计算云顶高度。从最大不稳定度层 (ΔT_m) 算起, 计算出与最大不稳定度符号相反, 大

小相等的那一层 (图 1 例中为 -7.5°C), 即云顶高度。我们对 1973—1978 年雷达观测资料和探空资料的统计结果表明, 它和层结的水汽条件有较密切的关系。计算的云顶高必须根据水汽条件进行订正。

第四步: 计算余额不稳定度 5°C (ΔT_5) 及其相应这层的环境温度。所谓余额不稳定度 5°C 就是最大不稳定层以上剩余不稳定度等于 5°C , 即 $\Delta T_5 = -(\Delta T_m - 5^{\circ}\text{C})$ (图 1 例中为 -2.5°C)。相应这层的环境温度就是余额不稳定 5°C 处的环境温度。根据大量探空资料统计表明, 这层至最大不稳定层可以看作能量的集中区。

第五步: 计算中层 (700—400毫巴) 平均相对湿度。云体发展起来以后, 将进入大气中层。这层的环境湿度对云体发展影响很大。1973—1978 年平凉雷达观测资料表明, 当大气中层处于中等湿度, 平均相对湿度 32—62% 时, 计算的云顶高与雷达观测到的最大云顶高几乎完全吻合。当中层处于相对高湿状态时, 实际云高比计算云顶高 0.1—0.3 倍。在环境很干燥时, 实际云高比计算云高要低, 并且随着相对湿度的减小而迅速降低。

(二) 统计结果

根据上述计算, 我们对 1963—1973 年平凉夏季冰雹和雷雨探空资料作了统计, 得到如下结果。

1. 冰雹天气比雷雨天气的层结更加不稳定, 其最大不稳定层的高度要高一些, 其相应的温度要低一些。

2. 冰雹天气和雷雨天气的余额不稳定度 5°C 所在高度和温度具有明显的差别, 冰雹天气比雷雨天气平均高 1,600 米, 相应的温度低 10.5°C 。

3. 同一月份冰雹天气和雷雨天气的云底高度和温度差别甚小。但是盛夏 7、8 月冰雹和雷雨天气云底平均温度比 6 月份高 3°C 左右。

4. 6 月份冰雹天气云顶比雷雨云顶平均高 920 米, 云顶温度低 7°C ; 7、8 月份雹云和雷雨云差别很小。

5. 冰雹天气比雷雨天气 0°C 层高度低, 其中 6 月份平均低 170 米; 7、8 月低 320 米, 0°C 层高度随季节和天气形势有变化, 所以 0°C 层的高低不是判别冰雹和雷雨的可靠因子。

6.冰雹天气中层(700—400 毫巴)平均相对湿度在30—70%的有83%,雷雨天气在这湿度范围的占63.7%。

(三) 预报指标

根据上述统计,我们发现不稳定性、余额不稳定性 5°C 处的环境温度以及中层的水汽条件可作为预报当天降雹及其降雹最大尺寸的指标,实际应用中收到较好的效果。

1.当大气中层(700—400 毫巴)满足中等湿度条件下,如核桃般大小的冰雹,是在最大不稳定性 $\geq 6^{\circ}\text{C}$ 、余额不稳定性 5°C 处的环境温度低于 -30°C 时形成。

2.雷雨条件下往往表现出最大不稳定性 $< 5^{\circ}\text{C}$,或虽 $> 5^{\circ}\text{C}$,但余额不稳定性 5°C 处的环境温度 $> -20^{\circ}\text{C}$ 。

3.余额不稳定性 5°C 处的环境温度在 -20 — -30°C 时,最大不稳定性再大,也不会出现大冰雹,最大可降蚕豆大小的雹粒。

4.当余额不稳定性 5°C 处的环境温度 $< -45^{\circ}\text{C}$ 时,其他条件亦达到降雹条件,最大冰雹可达鸡蛋大小或更大。

5.纯粹暴雨,其不稳定性不很大,但层结却处于相对高湿状态;冰雹与暴雨随同而来的层结特色是,不稳定性与余额不稳定性 5°C 处的环境温度达到降雹条件,且层结处于相对高湿状态。

二、预报检验

1. 预报举例

1978年夏季,我们用本方法进行了预报检验,准确率在90%以上。除1978年6月17日预报与实况有出入外,其余将近40天几乎都正确。

例如,1978年6月25日07时的探空资料计算结果为(见图2);最大不稳定性为 6°C 、余额不稳定性 5°C 处的环境温度为 -35°C ,中层(700—400 毫巴)平均相对湿度为52%,整层的水汽条件都是比较有利的。我们选取 k 值为1.1,计算得云顶高12,500米。根据上述3个指标判断,当天有较严重的冰雹发生,最大冰雹如核桃大小。实况是,当日固原、平凉等地发生较严重降雹,固原县大湾公社最大雹粒如杏一般大。当天雹云顶高12,600米。从14时25分至19时35分雹云闪电计数总共8559次, >100 次/5分钟的闪电累计频率占79.1%,云体最强时刻的闪电608次/5分钟。预报与实况相符。再如,根据1978年7月18日07时的探空资料计算(图略),最大不稳定性为 12°C 、余额不稳定性 5°C 处环境温度 -45°C ,中层(700—400 毫巴)平均相对湿度为52%,整层水汽

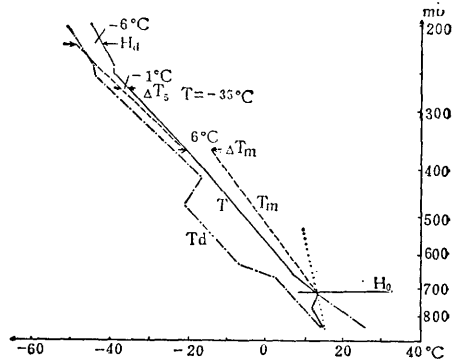


图2 1978年6月25日07时的计算结果

条件较为有利。根据上述3项指标判断,有一次非常强的降雹过程,最大雹粒可达鸡蛋大小,云顶高可达12,000米以上。实况是,固原、平凉等地发生严重雹灾,最大雹粒如鸡蛋、小拳头大。云体高14,000米,闪电计数从15时10分—22时20分长达7小时10分的闪电总数达18,630次, >100 次/5分钟的闪电累计频率为94.7%, >300 次/5分钟的闪电累计频率达78.9%,平均为282次/5分钟。这是1978年夏季最严重的一次降雹过程。

2. 几种方法比较

应用别的方法是否能预报出如此强烈的冰雹呢?我们应用美国国家天气局、天气警戒中心及苏联等有关冰雹预报方法与它作了比较,发现用这些方法是很难做到这一点的。现以1978年6月25日、7月16日及7月6、7日几次不同层结情况为例。7月16日 -10°C 层的不稳定度明显比6月25日大,以 -10°C 层的不稳定度作预报,7月16日要比6月25日的冰雹严重得多。但实况是7月16日只降了小冰雹,相反,6月25日降了中等程度的冰雹,最大雹粒如核桃大小,受灾范围也较大。用我们的方法计算,预报与实况相符。再如7月6、7日,用许多方法计算,都预报产生强冰雹,但实际上这两天都是大晴天。其原因之一,是这两天层结水汽条件较差,相对湿度在30%以下,不利于降雹。因此,如果不考虑层结水汽条件,单纯应用不稳定性指标,或者应用浮升力计算上升速度来预报降雹、雷雨天气,显然是不行的。就是在水汽条件满足降雹条件的情况下,我们使用各种浮力公式推算,7月16日都比6月25日上升速度大。基于这种种事实,我们认为余额不稳定性 5°C 处的环境温度是一重要因子。综合应用最大不稳定性、中层水汽条件、余额不稳定性 5°C 处的环境温度来作冰雹预报,是一种较好的方法。