

云南鹤庆弱单体雹云降雹雹谱分析

黄玉生* 李子华

冰雹云具有不同的类型^{[1][2]},各类型结构不同,成雹机制不同,因而降雹雹谱也不同。1979年9月10日至11月2日,在云南省鹤庆县坝区,利用铝箔测雹板得到9次降雹资料,其中3次取样暴露时间不可靠,舍去未用,另6次分属5个雹日的6块雹云的降雹。本文根据这些资料配合雷达回波,分析了雹云的结构,研究了冰雹的大小、形状和谱分布,获得了弱单体雹云的雹谱特征。

一、观测方法

目前,自记测雹仪尚未普及,铝箔测雹板仍为一种有用的地面测雹工具。它的结构简单、造价低廉、操作方便,而且不需要电源,适合山区使用。

测雹板是用一块 50×50 厘米²的木板作基底,四周框以5厘米高的木条,基底上平敷4厘米厚的锂基质润滑脂作衬垫物,以免被雨水浸透,其上再铺一层厚约0.06毫米的铝箔纸。每次取样后,用直尺重新刮平锂基质润滑脂,换上新铝箔纸,即可重复使用。

取样板暴露时间由观测员在现场根据降雹数密度确定,以铝箔纸上的印迹不重叠为宜。

当冰雹落在测雹板上时,造成大小不同的印迹,可根据实验检定曲线(图1)确定冰雹的真实直径。图1是用面粉做成比重为 0.9 克/厘米³的不同大小的球体,

从高度为24米的楼顶向地面测雹板自由下落,逐个测出测雹板上对应的印迹而作出的。据计算,直径为1厘米的球体落到地面时的末速度为冰雹末速度的96%,尺度愈小,球体落地末速度与冰雹末速度差别愈小。可见,从高度为24米的楼顶下落的面粉

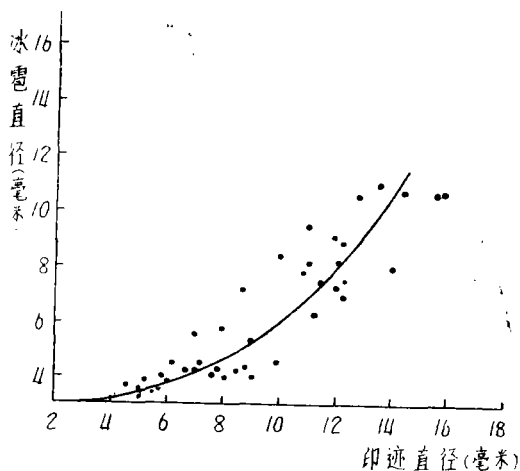


图1 检定曲线

* 云南省气象局

球，可以表示下落的冰雹。实验表明，凡直径大于4毫米的面粉球，在铝箔板上留下的印迹均相当明显清晰，直径大于10毫米时，铝箔纸就被打穿。

为了判断雨滴是否也会在铝箔纸上留下印迹，同样在24米高的楼顶用注射器向下注射水滴。结果表明，当水滴直径为3毫米时，铝箔纸上亦有圆形印迹，但很浅薄；直径为2.5毫米时，印迹就很难分辨。因此，对测雹板进行读数时，只要稍许仔细一些，就可排除大雨滴的印迹。

风对印迹的影响，这里没有考虑。对弱单体雹云来说，风力都比较小，阵风10米/秒左右。因此弱单体雹云降雹时，风对冰雹印迹的影响可以不考虑。

为了能取到比较多的雹谱资料，取样点要尽可能设的密一些。我们在鹤庆县坝区一共设了12个取样点，相邻两点间距离约3—4公里。每一取样点除冰雹取样计时外，还观测风速、风向和气温，记录天气现象和降雹起止时间。

在邑头(海拔2.2千米)设立一部711雷达监视冰雹云，并连续观测其演变情况。

二、观测结果和分析

可供分析的资料共有6份，取样时间和地点分别是：9月23日邑头，10月25日赵家登和如意，10月29日邑头，10月31日鹤庆气象站，11月2日邑头。

1. 雹云特征

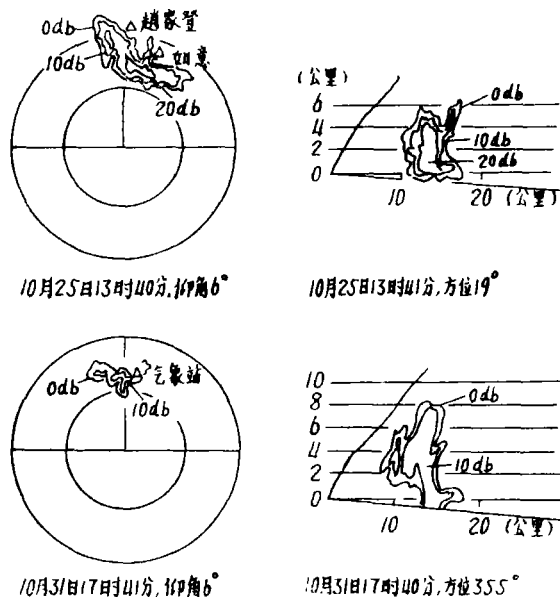


图2 雹云回波素描图 每圈10公里 △为降雹取样地点

除11月2日因故雷达未观测外，其它几次降雹时均有雷达回波照片。图2给出了两次雹云回波素描图(另外两次雹云回波特征类似，略去)，其中10月25日雹云包括两个单体，分别在赵家登和如意降雹。由图可见，雹云的水平尺度很小，一般为50平方公里左右；雹云的回波顶不高，相对高度6.0—8.0千米，加上雷达高度2.2千米，回波顶海拔高度为8.2—10.2千米；雹云的回波强度较弱，它们距离雷达天线10—20公里，而最大增益衰减一般不超过30分贝。从回波的结构来看，无明显回波穹窿区；从回波的演变来看，生命史较短，局地降雹后即很快削弱或消亡，没有造成大面积降雹。所以，雷达观测

的几块雹云均属弱单体雹云。11月2日虽无雷达观测，但从雹云宏观观测分析和局地降水冰雹的情况来推测，也应属弱单体冰雹云。

2. 冰雹大小

6次观测共取到冰雹印迹851个，图3是雹块大小频率分布图。由图可见，雹块直径小于10毫米的有831个，占97.6%；5毫米以下的冰丸和霰有501个，占58.9%。测雹板取到的最大冰雹只有1个，直径为16毫米。由于直径10毫米的冰雹，质量约0.47克，末速14米/秒左右，所以对农田危害较小。可见弱单体冰雹云降雹雹粒小，一般不会造成较大损失。

同鹤庆一样，我国各地观测到的冰雹大多数都很小^[3]。甘肃省90%降雹的雹粒直径不超过20毫米，新疆98%的冰雹直径在20毫米以下，内蒙林西县直径小于5毫米的冰丸和霰占80%。由于绝大多数雹粒都这样小，这可能反映了上述地区降雹的雹云亦以弱单体为最多。

3. 冰雹形状

在851个印迹中，园形或近似园形的印迹714个，占84%；椭圆形印迹68个，占8%；其它形状的印迹69个，占8%。

测雹板上的印迹，只反映冰雹某一截面的形状，而不是冰雹的实际形状。一般讲，园形印迹多为球形和园锥形冰雹所致，椭圆形印迹反映了椭球形冰雹。

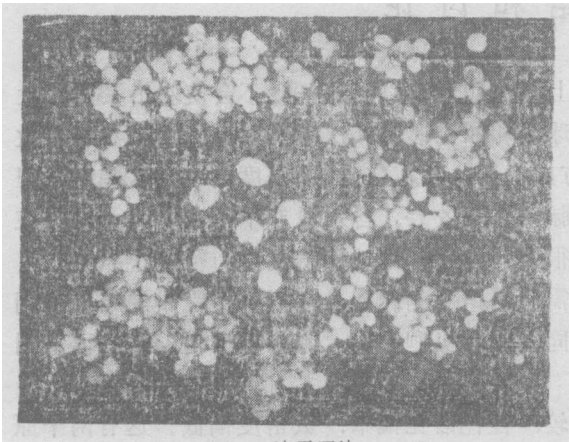


图4 冰雹照片

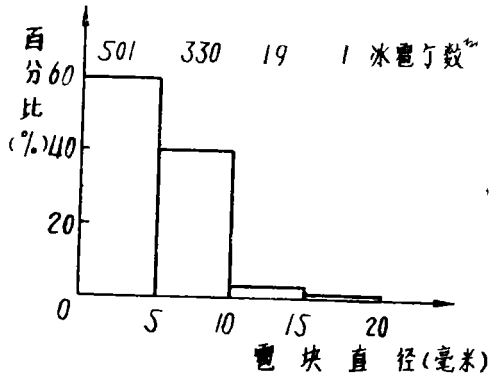


图3 雹块尺度分布

现场观测也发现，球形和园锥形冰雹确实占大多数。比如11月2日在邑头测雹板附近随意拣取了230粒冰雹进行照相(图4)，其中球形或近似球形的冰雹占37%，园锥形冰雹占25%，椭球形冰雹占11%，其它形状占27%。

园球形冰雹一般要求气流有一定的扰动，以使雹体在云中作随机的翻滚。如果翻滚时有更多的机会绕某个轴向转动，则可形成椭球形冰雹。但对于直径小于20毫米的园球或椭球形冰雹，也可以形成于相对稳定的气流中。园锥形雹

块是在气流扰动比较弱的环境中作定向下落时形成的，要求含水量较低，以利于干生长或接近干生长。

4. 冰雹谱

奥尔(Auer)曾在北美高原海拔2.1千米处对球形和园锥形软雹及冰雹的降落末速度作过实测^[4]。鹤庆县海拔2.2千米，故计算鹤庆冰雹的数密度时引用了奥尔对末速度的实测结果。

根据6次取样资料, 可以作出如图5中实线所示的平均谱分布。由图可见, 雹谱分布具有指数递减律的特点, 冰雹数密度随着冰雹尺度的增大而呈指数下降, 可用下列经验公式

$$n = AD^{-B}$$

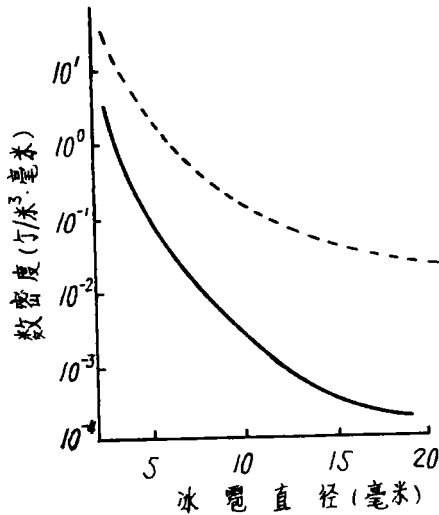


图5 冰雹谱分布 虚线为奥尔161次观测结果

表示。这里 n 为数密度, 单位为个/米³·毫米; D 是直径, 单位为毫米; 系数 A 取220, B 取4.8。这个谱分布近似与直径的5次方成反比, 冰雹愈大, 数密度愈小。与奥尔在北美高原观测的结果^[4](图5中虚线)相比, 谱型相似, 但鹤庆降雹中霰及冰丸数密度几乎比其小一个量级, 12毫米以上的冰雹数密度大约小两个量级。鹤庆弱单体雹云降雹谱分布与超级单体比较起来有显著的不同, 如我国平凉地区一次超级单体降雹^[5], 其谱分布服从 e 的负指数关系, 而且谱较宽, 雹块较大, 最大直径48毫米, 如果不考虑受融化影响较大的小雹(6毫米以下的), 则最大尺度

为最小尺度的6倍。而鹤庆弱单体降雹, 谱宽很窄, 最大雹块直径16毫米, 即使考虑小的软雹, 最大尺度也仅为最小尺度的4倍。

三、总结和讨论

1. 鹤庆县弱单体雹云降雹直径90%以上都在10毫米以下, 一般不会使农田受到较大损失。冰雹(包括霰和冰丸)形状大多数为球形和圆锥形, 其次为椭球形。雹谱具有指数递减律的特点, 数密度近似与直径的5次方成反比, 冰雹愈大, 数密度愈小。这些微物理特征说明, 弱单体雹云中上升气流不强, 脉动也不太大, 含水量亦不很高, 因而冰雹在云中并没有往返多次增长的条件, 不易长的很大, 即使降到地面, 也多为霰和小冰丸。

2. 利用铝箔测雹板进行雹谱观测时, 需同雷达观测相配合, 以分析雹云的结构, 判断雹云的类型。不同类型的冰雹云结构不同, 成雹机制不同, 降雹雹谱也会不同。因此, 应按雹云类型研究相应的雹谱特征。

3. 用测雹板测出的雹谱同真实雹谱比较, 往往谱宽偏窄, 数密度偏低。这有两个原因: ①测雹板受取样面积和暴露时间的限制, 容易漏测较大的冰雹。如11月2日, 邑头测雹板测得最大冰雹直径是16毫米, 而距测点仅5米远处就发现有6个直径超过20毫米的冰雹。②取样次数太少。通常每一测点只有一块测雹板, 为避免漏测, 应一见到冰雹落地就立即进行取样, 因此如上的观测实际上只反映了一次降雹过程中降雹初期的情况。如果随后的冰雹变大、加密, 它都无法反映。所以, 若在一个测点多备几个测雹板, 进行接续观测, 则上述情况将会避免, 并且还可以测出一次降雹过程中雹谱随时间的变化特征。

参 考 文 献

- [1] J. D. Marwitz, The Structure and Motion of Severe Hailstorms, Part I, I, II, J. App. Met., Vol. 11, No. 1, 1972.
- [2] 王昂生、黄美元, 冰雹和防雹研究述评, 大气科学, 1期, 1978.
- [3] 雷雨顺等, 冰雹概论, 科学出版社, 1978.
- [4] A. H. Auer, Distribution of Graupel and Hail with Size, Mon. Wea. Rev., Vol. 100, No. 5, 1972.
- [5] 杨硕禧等, 一次雹暴回波和雹块微结构分析, 大气科学, 2期, 1981.