

闽北一次降雹过程的新一代天气雷达回波特征

陈秋萍

邓 志

苏万康

(福建建阳气象雷达站, 354200)

(福建省气象局)

(福建省南平气象局)

提 要

通过对一次降雹过程的新一代天气雷达资料的强度场、速度场及其它产品的分析, 得出对降雹过程不同阶段临近预报有指导意义的结论。

关键词: 新一代天气雷达资料 冰雹 中气旋

引 言

2002年3月20日夜里至21日凌晨, 福建北部的松溪、浦城降雹, 其中松溪的渭田乡在23:30~01:10之间连续2次遭受冰雹大风的袭击, 冰雹最大直径达4cm, 全县9个乡镇有4个受灾, 造成重大经济损失。建阳新一代天气雷达对这次过程进行了连续跟踪观测, 取得密集(6分钟一套体积扫描)的多普勒雷达资料。本文通过分析这些资料, 对这次降雹的回波特征进行归纳、总结。

1 形势背景

3月20日08时地图上福建北部处在锋前剧烈发展的西南暖槽中。由3月20日08时高空形势(图略)可见, 中低层西南气流明显加强北抬, 西南暖湿气流从广西伸到长江中下游, 850hPa低空急流轴在南京—武汉—桂林一线。850hPa冷式切变线位于北京—宜昌—重庆一线。在500hPa河套附近有一西风低槽, 槽后维持宽广的西北气流。20时, 500hPa低槽加深发展、东移, 南支槽东移。850hPa切变线南压到南京—赣州—贵阳一线。这种中低层暖湿的形势有利于这次冰雹过程的形成。3月21日08时, 500hPa中低纬度转为偏西气流, 850hPa为高压脊控制, 降雹过程结束。

2 雷达回波特征

2.1 第一次冰雹回波分析

第一次降雹是产生在回波带(NE—SW向)前部的强风暴单体中的, 图1是该雹云单体回波演变图(组合反射率因子)。22:16一块强度为60dBz的雷暴单体翻过武夷山脉后在其右前侧(武夷山市南侧)激发产生了新生对流单体, 后老单体减弱、消亡, 新单体发展加强, 从其新生至消亡(22:16~0:57)约2.5小时。雹云单体东移到渭田西北侧时(23:24), 由于有利的地形(地形是处于大喇叭口的收缩处)增强到70dBz, 此后直到23:37一直维持该强度, 造成渭田第一次降雹。该雹云向偏东方向移动, 降雹持续了二十几分钟, 使位于渭田东侧的浙江庆元县也遭受冰雹袭击。

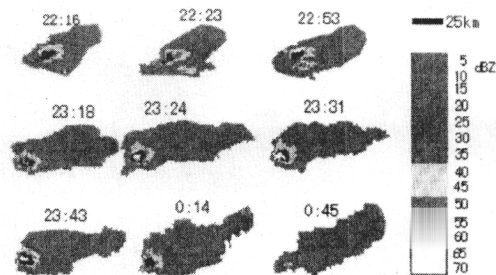


图1 雹云1单体回波演变图

图中数字为北京时间

2.1.1 垂直剖面图

图2a是雹云前期、旺盛期、减弱期的垂直剖面图(括号中数字分别是垂直剖面的起、止点(图中左、右侧)的方位角(度)和距离(公

里),下同)。由图上可见,22:29 回波顶高达 9.5km, 35dBz 强回波高度为 8.5km, ≥ 60 dBz 的顶高在 4.0km, 强回波有倾斜。

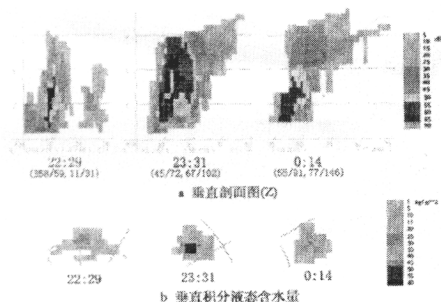


图2 雹云1单体不同发展阶段垂直剖面Z(a)和垂直积分液态水含量(b)

23:11 是雹云处于最旺盛时期沿雹云运动方向稍偏右的垂直剖面图,由图上可看到明显有强回波核(55dBz 以上强区)的悬挂回波,65dBz 的强回波核也出现悬挂,在该悬挂的下面为相对弱的回波区,低层 2km 以下有更明显的弱回波区,这些弱回波所在高度不高,表明上升气流所在高度较低。图上可看到低层强回波核向后倾斜,表明低层有入流气流;高空有强的出流(对运动方向所作剖面图略,出流回波可伸展 40km),这均是冰雹生长极有利的条件。

由此图上看到,此时 55dBz 强回波区已达 10.0km, 65dBz 达 7.5km, 70dBz 以上的高度为 3.5~6.0km, 当天 0℃ 高度在 4.0km 附近,说明在 0℃ 上的负温区冰雹生长区里有大量大冰雹粒子。分析降雹前的回波资料,发现云体强度及强回波区顶高有明显的跃增,它们综合反映了雹云内物理特征量的短时急骤变化并逐步形成冰雹的特点。

0:14 已处于减弱阶段,此时,回波强度降为 60dBz,且强回波核高度降到 4.0km。

2.1.2 垂直积分液态水含量(VIL)

分析降雹前垂直积分液态水含量,发现也有明显的跃增:23:18 雹云的 VIL 值就开始由此前的 $35\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 增到 $45\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$,继而

又增加到 $50\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 23:31~23:37 增大到 $55\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ (图 2b),这表明了由 VIL 值的跃增,可以反映冰雹粒子在生长区碰并长大的事实,其水汽来自低层向上的输送,反映了雹云已处酝酿之中。因此, VIL 值的变化可以很好地预测降雹的可能性大小。

2.1.3 速度场分析

在雹云发展阶段(23:00), 5.5km (4.3°) 下为辐合型气旋; 7.0km (6°) 上则为辐散型气旋; 23:12 在 7.0km (6°) 附近出现纯气旋, 以上高度则为辐散型气旋; 23:18 (降雹前 12 分钟左右) 出现“中气旋”^[1] 报警。此后纯气旋高度降低, 低层出现辐散型气旋, 8.5km (6°) 高度上出现辐散型气旋或辐散(23:31)。

2.2 第二次冰雹回波分析

23:31 在第一个雹云的后方约 50km 处有一条 NE—SW 向对流回波带,在该带翻越武夷山脉后,在其中部的前方(武夷山市及其西侧)激发产生两个小单体,在向东移中逐渐发展合并,且并入带中,而相应带上原强回波核则减弱、消散,这是明显的回波带的前生后消的一种跳跃式传播现象,此后该单体继续加强并随带向偏东移动, 0:26 产生降雹,降雹持续了近 30 分钟。

该雹云的生命史约 2 小时不到(23:31~01:10),且强度不如第一个雹云,其强度最强时达 70dBz,但时间较短,最强基本上保持 65dBz。在降雹前也有强度、高度、液态水含量的跃增过程。23:43~0:08 两个小单体合并后处于增大过程,强回波核尺度及其强度、液态水含量均有增大,此间,强度由 23:43 的 55dBz 增大到 0:04 的 60dBz, VIL 由 $25\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 增大到 $35\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$, 至 0:26 增大到 $45\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

2.2.1 垂直剖面图

图 3 是该雹云在不同的发展阶段的垂直剖面图,图中 23:31 是雹云初生至发展阶段, 2 个新生单体强度只达 30~35dBz, 云体高

6km, 强回波核高度只达 4km。

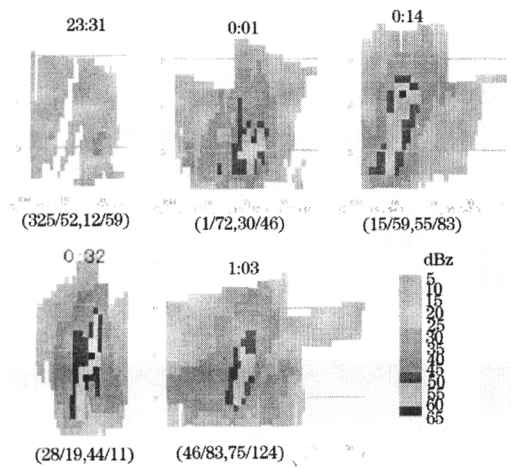


图3 雹云2不同发展阶段垂直剖面图(Z)

由 0:01 图上可看到雹云后部的原回波带上老单体(图中左侧)已处于消亡阶段, 2个新生单体合并后处于发展加强阶段, 此时雹云的高度 10.5km, 55dBz 强回波核高 4.5km。

0:14 是雹云处于旺盛时期沿运动方向稍偏右作的剖面, 由图上看到 30dBz 以上强回波核有明显的倾斜, 低层向后倾, 高层向前倾, 65dBz 的强回波核只出现在中空, 此时雹

云高 11km, 低层有弱回波区。

0:32 也是雹云处于旺盛时期沿雹云出流方向即运动方向稍偏左作的剖面, 图上明显可见强回波的悬挂及低层的弱回波区, 弱回波在 3km 高度以下。整个云体高 12km, 60dBz 达 8.5km, 65dBz 的高度在 4~6km, 降雹点在强回波壁对应的地面。

雹云的消散阶段 01:03 高度为 11km, 强区高度明显下降, 60dBz 强回波核高度降到 5.0km。

2.2.2 弓状回波特征

图 4 是 21 日 0:14~0:51 雹云 2 单体弓形回波演变图 (≥ 30 dBz 不同仰角的 PPI (Z)), 由图上可见在 0:20~0:51 雹云的发展旺盛阶段, 强回波核出现明显的弓状特征, 其中段向前方凸出, 两边向后弯曲, 16:20 弓状只是在 $2.4^{\circ}\sim 6.0^{\circ}$ (即 3~7km) 的中低空较明显, 低层相对不明显, 而后逐渐向低层 (2km) 发展, 0:26 在弓形突出部位开始降雹, 0:26~0:45 是弓状的中部最突出也是其强度最强的时段, 此间在弓状突出部位的地面上连续降雹, 并产生大风, 该弓形回波后期演变为逗点回波。0:51 后则是在中空先消失, 而后低层也消失。

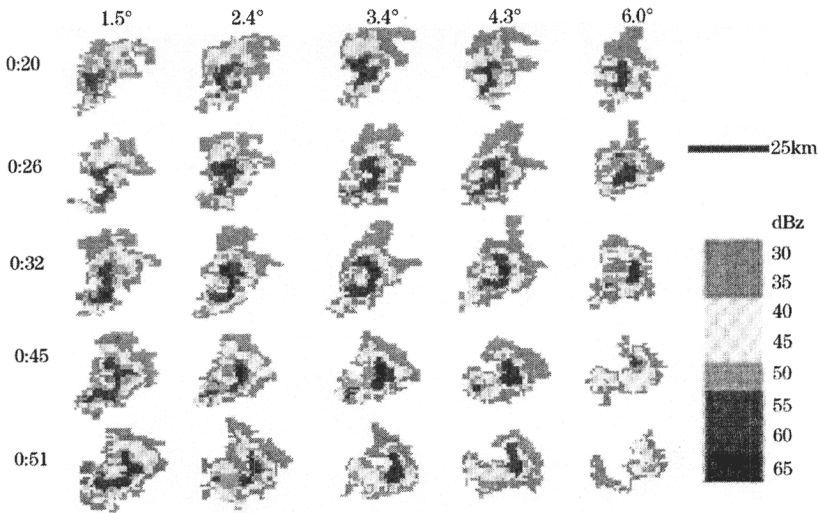


图4 21日 0:14~0:51 弓形回波不同仰角 PPI(Z)

2.2.3 速度场分析

分析其相对径向速度图(与基本速度产品 PPI(V)类似,只是减去了由风暴追踪信息产品(STI)识别的所有风暴的平均运动速度。)^[1],发现在 23:55 后该雹云的右前侧的低层出现较明显的辐合或辐合型气旋性涡旋,高层有辐散。0:14 这种速度场特征更加明显,旋转速度加大,旋转半径减小,高层辐散加强,辐合型气旋高度较高,达到 5km 左右(4.3°),7km 附近(6.0°)出现辐散型气旋,此时产品给出“中气旋”的警报,但地面上降雹出现在 0:26 后,且回波强度及液态水含量也未达到最强。由此可见,从速度场上可以更早得到对流风暴将发展加强的信息。

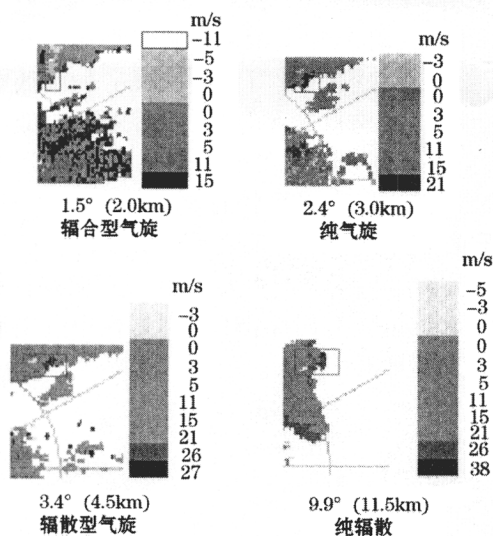


图5 0:26 雹云不同仰角相对平均径向速度图

图5是中气旋处成熟阶段后期(0:26)的相对径向速度图(为了突出风场特征,色标不统一,负值为朝向雷达径向风,正值为离开雷达径向风,雷达站在雹云西南方约 65km 处),由图可见,纯气旋在 3km(2.4°)附近(见矩形框图内),旋转半径(最大入流速度和最大出流速度间的距离)约 4km,转动速度(即最大入流速度和最大出流速度绝对值之和的二分之一)为: $(|23.5| + |-4|)/2 = 14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$

s^{-1} 属弱中气旋。此高度下为辐合型气旋。4.5km(3.4°)高度上出现辐散型气旋。11.5km左右(9.9°)为纯辐散。表明后期气旋核高度降低,旋转厚度下降。至 0:45 仅在 2km(1.5°)能看到纯气旋,3km(2.4°)以上核心区已进入西南风区,此时已处中气旋的消亡阶段,0:51 输出产品中“中气旋”警报消失。

2.3 风廓线

分析垂直风廓线产品,3000m 以下为顺转暖平流(图6),明显的特点是低空西南风增大。由图可见,低层(1.2~1.5km)西南风的增强,19:00 为 $8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,在 20:00 之前 1.5km 高度西南风速为 $10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,此后增大为 $12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,22:04 又增大为 $14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,此后一直维持到 0:32,以后又降到 $12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下。本区降雹出现在西南风增强到最大的一个多小时后,随着西南风减弱,及中高层转为一致的西北或西北偏西气流(低槽已过境),本区过程结束。

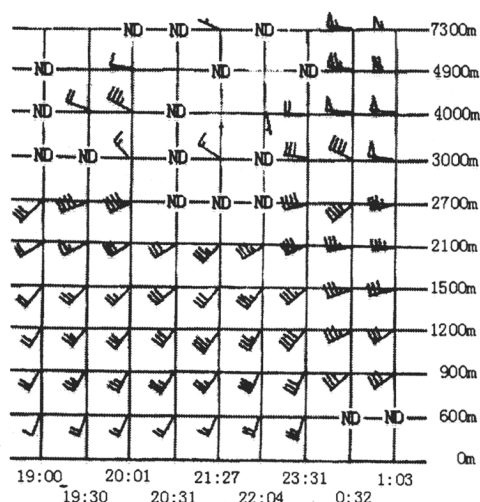


图6 风向风速时间变化-风廓线图

2.4 两次降雹的共同特点

这两块雹云有许多共同之处:(1)其移动路径一致,均为偏东路径。(2)降雹点位置相似,第二块雹云在浦城南侧就开始降雹(更早)。两块雹云均在松溪北部的渭田及其西侧发展到最强。(3)回波翻过武夷山脉后,均

在其前方激发新单体,而后老单体减弱、消亡,新单体发展加强产生降雹。

分析其原因可能是:

(1)雹云的移动右偏于承载层平均风的右侧。由邵武探空资料可知当天中低层均为SW风。

(2)这与闽北的特殊地形有关,渭田及其西侧均是处于向西南开口之地形大喇叭口(海拔高度1000~1500m)的接近顶端处,此处风的辐合,产生了强迫上升运动,使雹云单体在此处发展最旺盛,而产生降雹。

(3)在武夷山市东北侧有一海拔高度500~1000m的地形小喇叭口的收缩口(图略),在低层盛行西南气流下,由于风的辐合产生强迫抬升,且雹云翻过武夷山脉后会在前方产生涡流,从而在其前方激发产生新生单体。

3 结 语

(1)本次降雹是产生在锋前暖区,第一次降雹是由强风暴单体造成,第二次是由对流回波带上强单体核造成。

(2)两块雹云的活动有许多共同之处,如移动路径、降雹点、初生或加强的位置。

(3)两块雹云结构也有相似之处,均出现强回波核倾斜、悬挂及低层有入流、高层有流出。

(4)降雹前在垂直积分液态水含量上有跃增现象,强回波顶高也有跃增,降雹后,强回波核高度降低。

(5)第二块雹云旺盛阶段出现弓形回波特征,在其右前侧出现中气旋,并在弓形突出点后凹侧的地面上出现冰雹、大风天气。

(6)降雹前低层辐合型气旋,高层辐散,2次降雹前12分钟左右均有“中气旋”的报警,中气旋减弱,则其高度下降。

参考文献

- 1 中国气象局培训中心. 新一代天气雷达原理与应用讲义. 2000年12月:215~251.
- 2 中国人民解放军总参谋部气象局. 多普勒天气雷达资料分析与应用. 北京:解放军出版社,2000.
- 3 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学. 北京:气象出版社. 2000:356~395.

Echo Features of a Hail Process with CINRAD Data in Northern Fujian Province

Chen Qiuping¹ Deng Zhi² Su Wankang³

(1. Jianyang Meteorological Radar Station, Fujian Province 354200

2. Fujian Meteorological Bureau 3. Nanping Meteorological Observatory, Fujian Province)

Abstract

By using CINRAD data including its intensity, velocity and other products, a case of hail process is analysed. The results provide important conclusions for nowcasting of a process in the different stages.

Key Words: CINRAD data hail midcyclone