

文章编号: 2096-1618(2020)05-0547-07

# 延安冰雹多普勒雷达回波特征分析

丁 帅, 肖天贵

(成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

**摘要:**为对延安市消雹和防灾减灾的工作提供指导,利用 NCEP 再分析资料、常规天气资料和延安 C 波段多普勒天气雷达资料详细分析 2016 年 6 月 12 日发生在延安安塞区特大冰雹过程,得到以下结论:(1)西北气流型天气形势配合着适宜的 0℃层和-20℃层,为此次大冰雹过程提供了良好的环境条件。(2)在雷达反射率因子上,此次强对流风暴表现出典型超级单体所具有的回波特征,包括风暴中低层的“V”型缺口、钩状回波、三体散射、有界弱回波区及中高层出现的回波悬垂现象,风暴发生到最强盛阶段反射率因子最大值高于 65 dBz 且强中心高度在-20℃层之上。(3)过程中出现中气旋特征,中气旋维持 1 小时,最大厚度达到 5 km,此次冰雹就发生在中尺度气旋处以及大风区一侧的风速辐合区。(4)垂直累积液态水含量(VIL)在发生冰雹前出现跃增变化,此次降雹后 VIL 没有突然下降,反而增大是由于风暴内存在多个强中心风暴持续发展导致。

**关键词:**气象学;中短期天气预报;冰雹;超级单体风暴;多普勒天气雷达

**中图分类号:**P458.2

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcu.2020.05.012

## 0 引言

冰雹是从发展强盛的积雨云中降落到地面的冰球,是一种随季节变化明显,局地性强,持续时间短但却剧烈的气象灾害。冰雹是延安主要灾害性天气之一,常伴随区域性强风暴,短暂却具有极大破坏力,往往给人民生命财产安全带来严重威胁<sup>[1]</sup>。延安市位于陕西省北部,属于黄河中下游地区,地处35.6°N~37.18°N和108.17°E~110.18°E。北部以黄土梁峁、沟壑为主;南部以黄土塬沟壑为主。延安强对流天气的频发时节在5、6月,经常会产生局地性冰雹,近年来延安地区因受冰雹袭击,造成上亿元的经济损失<sup>[2]</sup>,2016年6月12日安塞县、宝塔区、黄陵县等地区遭受冰雹袭击,安塞县更是出现了罕见的大多直径达2.2~3.5 cm,最大直径为5~6 cm的特大冰雹,仅安塞县就有4183公顷农作物受灾,受灾人口数量达26126,造成直接经济损失10763万元。此次“6.12”冰雹灾害的主要影响系统是超级单体风暴。

近几年随着中国新一代多普勒雷达组网的全面建设,多普勒雷达在极端和灾害性天气的检测、预警领域起到了至关重要的作用,多普勒天气雷达作为冰雹探测的重要工具,可以探测传统雷达不能探测到的大冰雹特征例如有界的弱回波区(BWER)、三体散射和旁瓣回波特征等<sup>[3]</sup>。中国的一些专家学者利用新一代天气雷达对强对流天气过程做了大量的研究。赵瑞金

等<sup>[4]</sup>详细分析了承德的一次强烈龙卷过程。胡胜等<sup>[5]</sup>通过多普勒雷达基数据探究了广东省12次大冰雹强对流过程的旁瓣回波、环境温度层上和三体散射的回波特征,结果表明冰雹单体的最大反射率因子强度大都高于65 dBz,对应高度基本在5 km附近。吴剑坤<sup>[6]</sup>对较强雹暴的多普勒雷达回波识别进行了详细研究,指出风波顶辐散、VIL密度和S波段三体散射长钉可以作为有效判断强冰雹产生的3个辅助特征参量。李昌玉等<sup>[7]</sup>通过对西宁市两次冰雹天气的对比分析,得出当存在强大的反射率回波强度,中等或者很强的垂直风切变,适宜0℃层和-20℃层高度,较高的垂直累积液态水含水量值等均对冰雹增长有利。

通过延安地区C波段多普勒雷达资料,主要对延安安塞县“6.12”冰雹过程进行多普勒雷达回波演变特征,风暴移动路径等分析。得出的结论将为预测冰雹出现的时间和落区提供一定的参考依据,对延安市消雹和防灾减灾的工作提供指导。

## 1 资料与方法

2016年6月12日15:30-16:10,延安安塞县各乡镇受到不同程度冰雹袭击,其中沿河湾镇、坪桥镇、建华镇受灾尤为严重,大多直径达2.2~3.5 cm,最大直径达5~6 cm,地面冰雹厚度有3~5 cm,持续时间大概30 min。利用延安C波段多普勒雷达基数据,结合NCEP再分析资料,常规天气资料,对2016年6月12日发生在延安安塞县的冰雹进行多普勒雷达回波结构

及回波的演变特征、径向速度和垂直累积液态水含量(VIL)等进行研究分析。

2 天气背景形势

2.1 环流背景

6月12日08时500 hPa 高空图(图1)中高纬以纬向环流为主,蒙古上空存在一低压,东北受低压控制,延安位于高空槽前,来自巴湖的冷空气沿蒙古低压前沿到达中国大部分地区,为延安地区不稳定奠定了基础。从图中可以看出延安地区被西北冷空气所控制,温度槽落后于高度槽,冷平流使槽加深,促进不稳定层结发展,属于典型西北气流型天气形势;700hPa(图略)上存在一西北低空急流,延安位于低空急流出口处左侧,输送冷空气到延安;850 hPa(图略)主要受蒙古低压影响,延安位于低压前沿受西南气流控制,温度露点差为1℃,水汽比较饱和,给强对流风暴的发展和增强提供了良好的水汽条件;地面08时(图略),新疆地面的低压在14时移动到青海地区,延安位于低压前沿,风向转为偏南风。

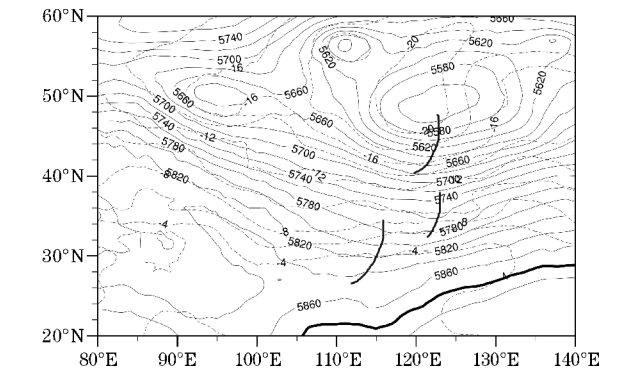


图1 6月12日08时500 hPa 高度场  
(虚线为温度线,细实线为位势高度线,粗实线为槽线)

2.2 环境条件分析

在西北气流的环流形势下,温度垂直递减率和垂直风切变尤为重要,其中任何一项数值的超常都很容易造成强对流天气。利用NCAR再分析资料分析6月12日环境物理参量,延安地区温度垂直递减率 $\Delta T_{850-500} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,强的垂直温度递减率之下出现的上升运动主要依靠斜压有效位能,低层较好的水汽供应配合较高的对流有效位能更容易产生冰雹,从温度对数压力图(图2)可以看出12日08:00的K指数为36,K指数越高潜能越大,大气愈不稳定,延安测站上空存在一定正不稳定能区,沙氏指数SI为-0.2,未来在向不稳定层结方向转化。

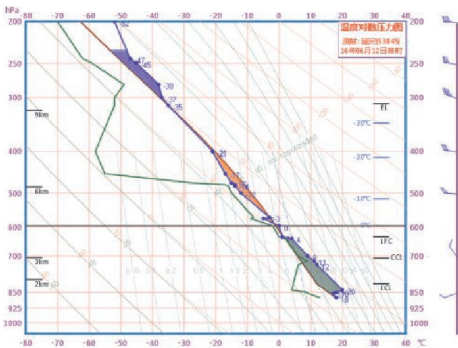


图2 6月12日延安08时T-log P图

风暴云内部含有大量水分,其水分由上升气流从大气底层向上输送,超级单体风暴的形成对低层水汽含量有更大的需求。从延安站探空资料和08:00高空环境场可以看出近地层存在一股流入河套的偏南气流,在边界层附近存在相对湿度 $\geq 80\%$ 的薄湿层,中层700~400 hPa的相对湿度在35%~70%,与此相对应在850 hPa高度存在一南北向假相当位温高能舌纵向切入河套,延安上空T-Td为4℃,有气象工作者统计过延安地区在上述高空环境下,850 hPa高度存在一南北向假相当位温高能舌纵向切入河套配合延安上空T-Td为4℃~7℃时,一般有强对流天气产生<sup>[8]</sup>,所以此时的水汽条件较为适宜。

分析6月12日08:00测站探空资料可见,中低层存在较强垂直风切变,500 hPa以下风速较小( $< 8\text{ m/s}$ )。在500 hPa上延安与银川的温差为正值,强势冷平流出现在河套的西北向。08:00 700 hPa和850 hPa存在的切变和辐合构成了较强的触发机制。在6月12日延安垂直风廓线产品VMP(图3)可以看到15:45低层为东南风,高层为偏西风,风随着高度增加呈顺时针转动,所以延安低空存在暖平流,地面到4.8 km高度间存在较强垂直风切变,将暖湿气流源源不断地输送到强对流活动发展所需的上升气流当中,成为对流风暴发展的触发机制,这与对NCEP再分析资料的分析一致,这种垂直切变是产生强对流天气活动的重要条件。

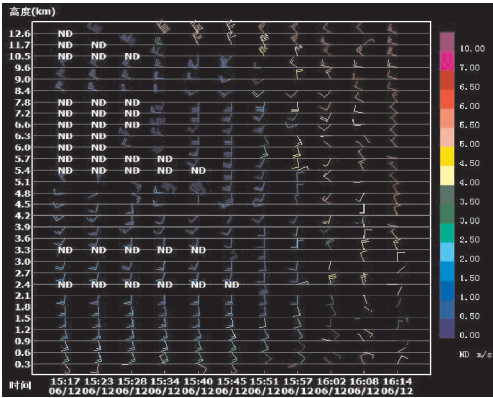


图3 2016年6月12日15:17-16:14 延安垂直风廓线产品VMP



冰雹要求特殊的0和-20℃层高度,产生较大冰雹的0℃层的高度要求在2.5~5.5 km,因为0℃层高度太低产生不了较大的冰雹,只能形成小冰粒,太高冰雹还未到0℃层就出现融化,再降落到地面就是降水了,当日0℃层所在高度在600 hPa附近,大约4 km左右。产生冰雹的雨滴半径为5~50 mm甚至更大<sup>[9]</sup>,所以云体必须能垂直发展到或超过-20℃温度的高度才能形成冰雹,14:00的-20℃层高度在7 km左右,这样0℃层到-20℃层的厚度有3 km,这为大冰雹的产生提供了适宜的条件。

### 3 多普勒雷达回波特征分析

#### 3.1 冰雹反射率因子演变分析

此次降雹主要发生在安塞区宝塔区等地,产生此次降雹的超级对流单体有2个,从6月12日15:17的组合反射率上可以清晰地看到两个强盛的对流单体,一个超级单体A从延安西北部靖边发展起来,源地位于白于山,在向东南方向移动过程中不断壮大,途经安塞,宝塔区,延长,最终在宜川散去;另一超级单体B在志丹生成,在安塞区发展壮大,这2个强对流单体在安塞区内的长期活动造成了此次安塞区罕见的重大雹灾。

从反射率因子可以看出,6月12日13:18延安西北侧靖边生成一强回波中心为55 dBz的对流单体A,15:06发展到65 dBz且对流单体范围扩大,15:17对流单体A进入安塞县,开始沿宝塔区方向移动,从CR上(图4a)可以明显看到此时A、B的2个强回波中心,在15:40 A风暴出现了明显的“V型缺口”且出现在前部(图4d),表明有较强入流气流输送进上升气流,16:02反射率因子上(图4e)的钩状回波也明显地出现

了,16:00安塞区东北部的超级单体中心达到70 dBz,16:20对流单体A彻底移出安塞区。

在14:37有一对流单体B生成,2个体扫过后强回波中心的强度就从42 dBz增强到55 dBz,此后快速发展扩大,15:17向东发展为带状(图4b),在移出安塞区之前对流单体B与周围的对流云合并不断扩大成为超级单体,并强回波中心一直维持在65 dBz以上,15:45后随着超级单体A逐渐移出安塞区,超级单体B成为控制安塞区降雹的主要系统,在15:57出现超级单体具有的典型“V”型缺口特征,在16:08超级单体B移出安塞区进入宝塔区,继而向东南移动最终在延长县消散。

三体散射(TBSS)是由于云体中大冰雹具有非常强烈的散射作用沿雷达径向的延长线上出现的钉状虚假回波。在0.5°仰角15:28(图4c)和2.4°仰角16:02(图4f)可以看到出现了TBSS,一般来说,只有S波段雷达回波中三体散射现象的出现才是大冰雹存在的充分条件,但并不是必要条件<sup>[10]</sup>,C波段雷达回波中出现三体散射概率很大且频繁,但是不代表一定会有大冰雹存在,在C波段条件下,小冰雹也有可能产生三体散射<sup>[11]</sup>,但是在此次雷达事件中确实观察到三体散射现象,至少说明空中该回波有存在大冰雹的可能。

从雷达基本反射率角度出发,当有反射率因子 $\geq 45$  dBz的回波在-20℃层上时可以印证冰雹的存在。因此,只有当强回波具有相当的高度,冰雹才会产生。实际业务中总结出冰雹云强回波最低高度也需要达到5~8 km<sup>[12]</sup>,15:10 A、B单体的强回波底高均达到7.3 km左右(图略),因此判断此时已经存在冰雹云,15:28强度为65 dBz以上回波中心高度是10.4 km,在-20℃温度层对应的高度之上,表明了冰雹存在。

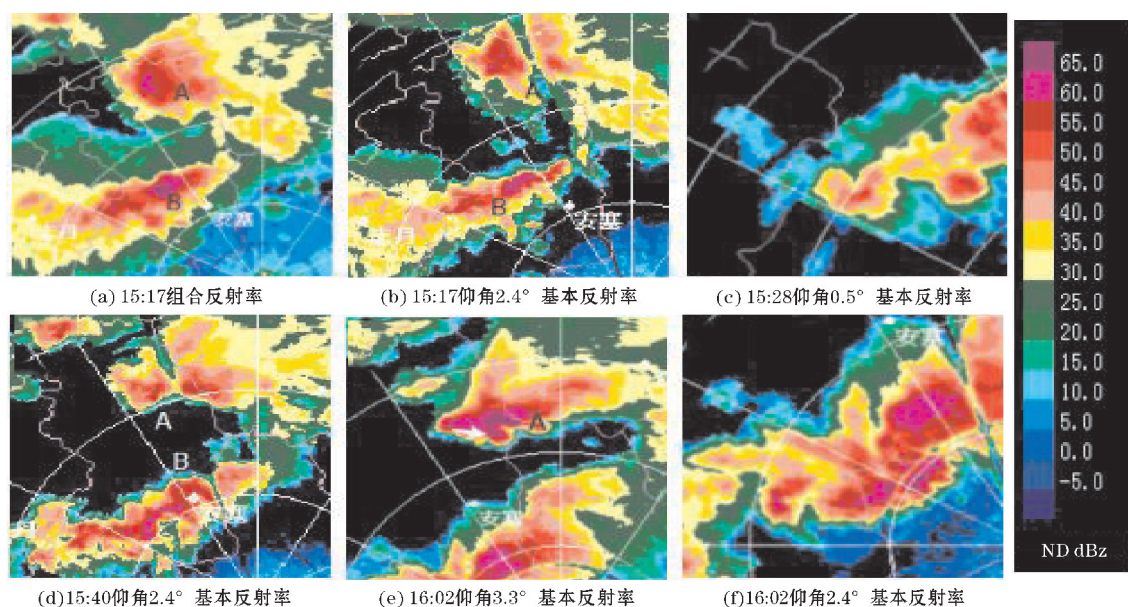


图4 6月12日反射率因子演变图

### 3.2 冰雹云垂直结构特征

图5是6月12日冰雹云发展到比较强盛时刻(15:51)不同仰角层的基本反射率回波图像,用黑色圆圈代表相同的区域。从仰角 $0.5^\circ$ 上可以看出(图5a),只有局部反射率回波强度达到55 dBz,黑圈区域内回波强度基本上低于35 dBz; $4.3^\circ$ 仰角时出现高于55 dBz的小区域,局部强度甚至达到60 dBz; $9.9^\circ$ 时在强回波区的左下侧出现小范围的强回波区,并且在仰角为 $19.5^\circ$ 时出现大的块状强回波区域,黑色圆圈和西

南侧出现了回波强度超过60 dBz回波,表明黑色圆圈内和西南局部的区域中高层有明显的回波悬垂,在低层存在弱回波区并且在黑色圆圈内存在显著入流。沿着反射率因子核(图5c黑线AA'方向)对多普勒雷达基数据做VCS(图6),同样能够清楚地看到弱回波区和回波悬垂,并且在悬垂上存在强度60 dBz以上的回波。从垂直结构上看,存在明显悬挂回波,高层强反射率因子中心悬挂在低层强反射率因子核东侧弱回波区上方,呈现出显著的悬垂结构,表明该对流风暴存在降雹趋势。

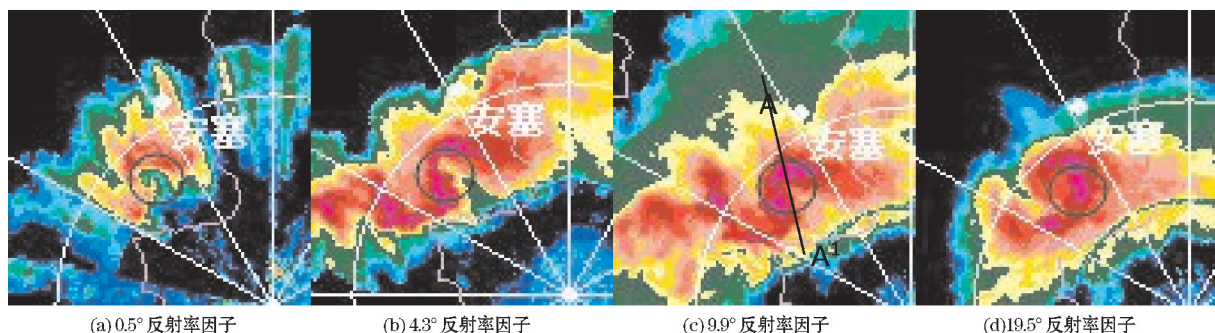


图5 6月12日15:51不同仰角的反射率因子

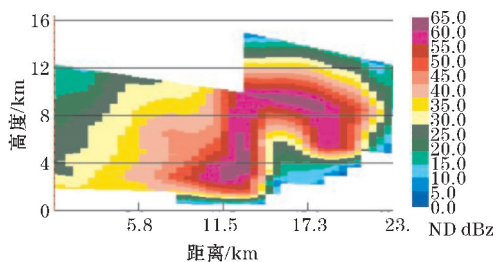


图6 6月12日15:51反射率因子剖面图

### 3.3 径向速度

6月12日从 $3.3^\circ$ 仰角上看,15:06靠近雷达的回波大部分是径向速度负值区,远离雷达方向的回波是正速度区(图7a),因此可以判断存在速度辐散。15:28零速度线是S型(图7b),说明有暖平流存在。从15:34开始,回波快速增强时,B单体靠近雷达部分的径向速度为正值而负速度区在背离雷达的方向,因此可以判断存在速度辐合,在这个过程中,冰雹云迅速发展,这种形势一直到16:08冰雹结束才转为速度辐散。

16:02在 $3.3^\circ$ 仰角处出现明显的钩形回波,并且在相应时间的 $3.3^\circ$ 仰角径向速度图出现气旋性辐合(图7c),钩状回波弱回波区对应于径向速度图上负速度区,说明弱回波区是入流口。15:17 B单体, $1.5^\circ$ 仰角风暴在右后侧中下层有一个弱回波区(图7d),这表明超级风暴低层有强烈入流,与径向速度存在的气旋

式辐合相对应,正负速度差值达20 m/s,这表明存在强烈涡旋上升运动,当仰角升高到 $2.4^\circ$ 时,气旋式辐合愈加强烈。

在15:34,仰角为 $1.5^\circ$ 时,最强反射率超过60 dBz,并且在对流风暴移动方向前部出现“V”形缺口,所以此处的低层存在特别强盛的上升气流,与此同时在 $1.5^\circ$ 仰角的径向速度图中有正负速度对相对应(图7e),远离雷达的对流单体是负速度表明这个范围的风场是靠近雷达,靠近雷达的对流风暴是正速度表示此范围的风场远离雷达,由此可知该风暴 $1.5^\circ$ 仰角层风场辐合,从速度大小的变化趋势能够看出风速随高度增加而增大。此时,也是地面降雹最强的时期,可见风场与回波强度之间存在良好的对应关系。

中气旋是对流风暴中几千米到十几千米尺度的小尺度涡旋,中气旋在径向速度图上呈现为一沿方位角方向相隔不远的正负速度对。14:28在安塞区内 $1.5^\circ$ 仰角上表现为辐合旋转特征,其旋转速度(正负速度对的绝对值之和的1/2)约为13.2 m/s,为弱中气旋(图7f),14:54气旋性涡旋特征持续(图7g), $1.5^\circ$ 仰角上均表现为纯粹的旋转特征,随后旋转特征渐渐不明显,在15:40退化为逆风区(图7h),中气旋特征彻底消失。从风场的整体趋势分析,基本速度主要表现为风速增大和风速辐合,此次冰雹就发生在中尺度气旋处以及大风区一侧的风速辐合区。研究表明只有中气旋达到一定的厚度,或者维持较长时间才对冰雹的产生有利<sup>[13]</sup>,朱君鉴



等<sup>[14]</sup>对 2002 年济南新一代天气雷达覆盖区内出现的 15 次风暴产生的冰雹进行分析,发现最大厚度>2.5 km

并且中气旋存在 1.5 h 以上的超级单体一定有冰雹发生,此次中气旋维持约 1 h, 最大厚度达到 5 km。

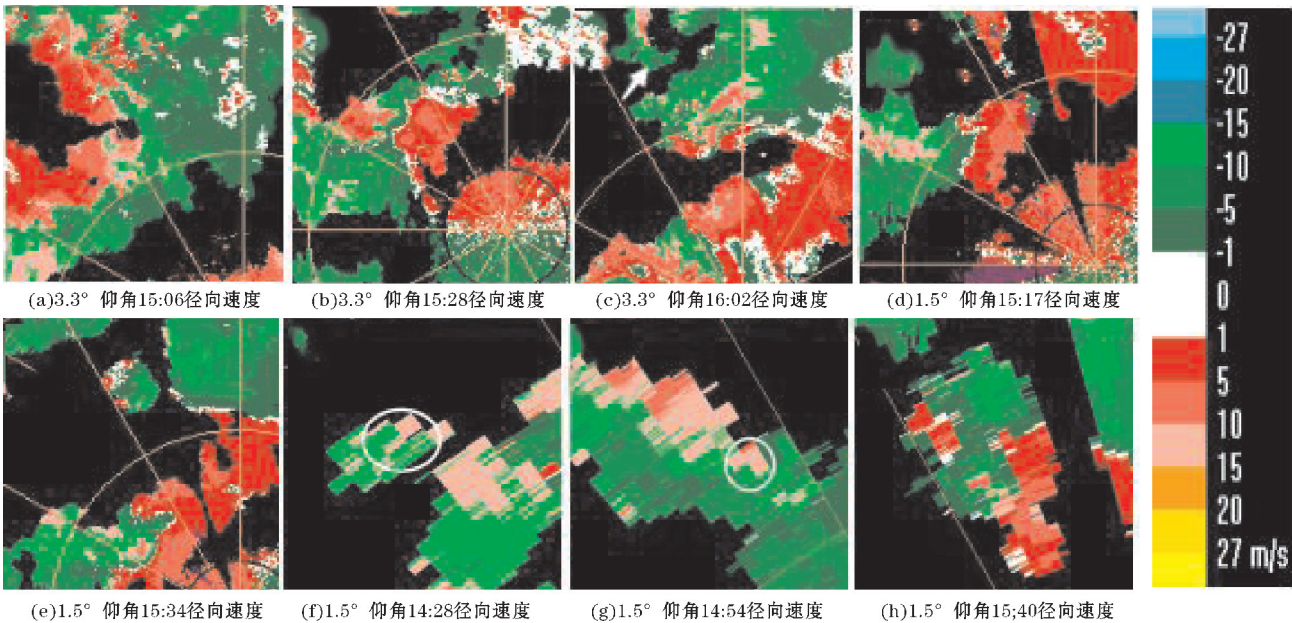


图 7 6 月 12 日径向速度演变图

3.4 垂直累积液态含水量(VIL)

垂直累积液态含水量对于判断对流天气过程的强度大小是非常重要而且有意义的参量,假如 VIL 值远远大于对应时间强对流活动的 VIL 均值,那么发生大冰雹的概率就会更大<sup>[15]</sup>。VIL 的跃增和骤降对于判断冰雹的增长情况也具有重大的指示作用。降雹前风暴 VIL 最大值通常跃增显著,但在大量的大冰雹降落的同时,VIL 迅速降低。

A 单体从靖边发展到进入安塞区时已很强盛,

15:23 的最大 VIL 达到  $64\text{ kg/m}^2$ ,并不断增长在 15:57 达峰值,而且范围很大,平均能达  $100\text{ kg/m}^2$ , (图 8a 白色箭头部分),此时地面已经下降了特大冰雹,直径达 50 mm 左右,这也和一般情况下 VIL 达最大值时开始降雹<sup>[16]</sup>的经验相符合。伴随着降雹过程的超级单体风暴强中心不断减弱,并与周围对流云合并削弱,垂直液态含水量慢慢减少,16:20 的最大 VIL 从上一时刻的  $90\text{ kg/m}^2$  (图 8b) 快速下降到  $24\text{ kg/m}^2$  (图 8c),由超级单体 A 控制的降雹区域内的降雹接近完结。

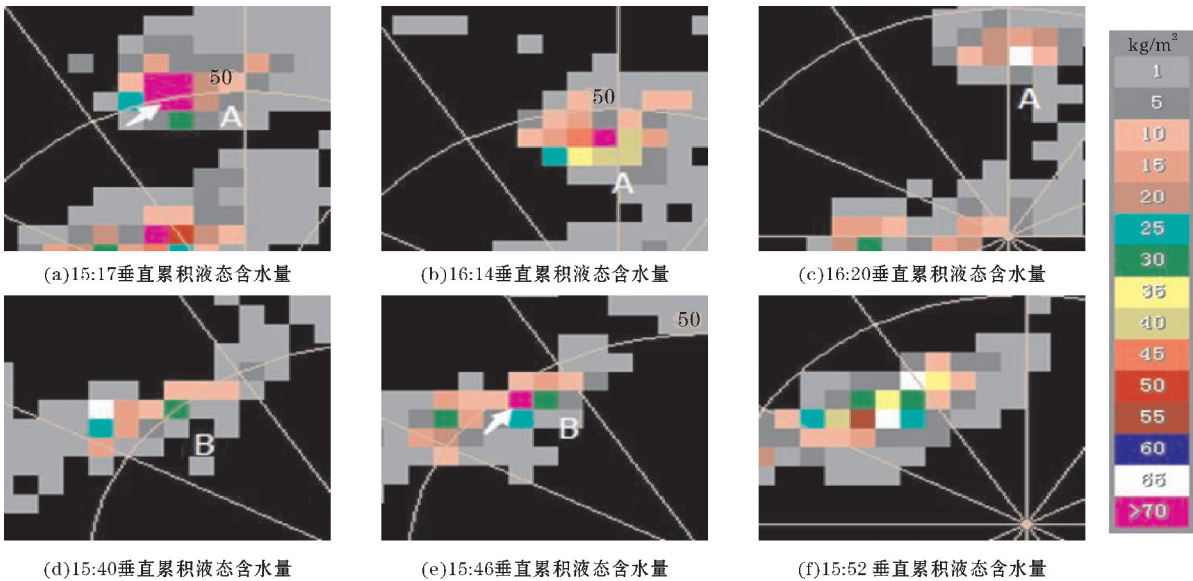


图 8 6 月 12 日垂直累积液态含水量演变图

B 单体起初平均 VIL 值在  $20 \text{ kg/m}^2$  左右 (15:00 图略), 随着单体不断发展在 15:40 时最大 VIL 值达  $34 \text{ kg/m}^2$  (图 8d), 一个体扫过后就从  $34 \text{ kg/m}^2$  跃增到  $96 \text{ kg/m}^2$  (图 8e), 说明冰雹在适宜生长区得到快速发展, 此时已经开始降雹, 从此时的反射率因子图像中可以看到, 由于 B 风暴内存在多个强中心, 它们持续发展使 VIL 没有随降雹过程的进行锐减, 反而总体范围和平均 VIL 值增强 (图 8f), 这更加印证了在冰雹下落的同时, 仍然有不断的冰雹继续发展, 到 16:08 且 VIL 从  $55 \text{ kg/m}^2$  骤降到  $18 \text{ kg/m}^2$ , 由 B 控制的安塞区降雹基本结束。

由此可见 VIL 的剧烈变化能够很好反映冰雹的降雹情况, 并且对其识别具有良好指示意义, 对于存在多个强中心的风暴, 可以在 VIL 跃增期配合反射率因子径向速度等提前进行冰雹预警。

## 4 结论

文中通过延安地区 C 波段多普勒雷达资料, 主要对延安安塞县“6. 12”冰雹过程进行了多普勒雷达回波特征分析, 得出以下结论:

(1) 6 月 12 日由超级单体引发冰雹的天气背景是: 高空低涡的存在, 冷空气向南移动致使延安地区受西北气流控制, 大气“上干下湿”的结构特征,  $600 \text{ hPa}$  左右的  $0^\circ\text{C}$  层和  $7 \text{ km}$  左右的  $-20^\circ\text{C}$  高度层, 为此次冰雹天气过程创造适宜的环境条件。6 月 12 日 08:00 的 K 指数为 36, 沙氏指数 SI 为负值, 未来在向不稳定层结转化。 $850 \text{ hPa}$  高度存在一南北向假相当位温高能舌纵向切入河套,  $T-T_d$  为  $4^\circ\text{C} \sim 7^\circ\text{C}$ , 水汽条件较为良好, 低层存在的垂直风切变成为释放不稳定能量的开关, 触发冰雹等强对流天气过程。

(2) 根据多普勒雷达资料分析, 在雷达反射率因子上, 造成此次冰雹的超级单体风暴表现典型的超级单体所具有的回波特征, 包括风暴中低层的“V”型缺口、钩状回波、三体散射长钉、弱回波区及中高层出现的回波悬垂现象, 风暴发展到最强盛阶段的反射率因子最大值高于  $65 \text{ dBz}$ , 强回波中心高度是  $10.4 \text{ km}$ , 在  $-20^\circ\text{C}$  温度层对应的高度之上, 表明了冰雹存在。

(3) 在径向速度图上, 超级单体出现了中气旋特征, 此次超级单体风暴初期呈现气旋式流动, 随着强对流过程的进行逐步演变成中气旋。中气旋维持  $1 \text{ h}$ , 最大厚度达到  $5 \text{ km}$ 。从风场的整体趋势分析, 基本速度主要表现为风速增大和风速辐合, 此次冰雹就发生在中尺度气旋处以及大风区一侧的风速辐合区。

(4) 垂直累积液态含水量 (VIL) 在发生冰雹前出

现跃增变化,  $30 \text{ min}$  内就从  $64 \text{ kg/m}^2$  增大到  $100 \text{ kg/m}^2$ , 冰雹结束后, VIL 又会进入迅速下降阶段, 由  $90 \text{ kg/m}^2$  快速下降为  $24 \text{ kg/m}^2$ , 较好反映了冰雹过程的发展情况。对于存在多个强中心的风暴, 它们的持续发展使地面降雹时的 VIL 值不会立即下降, 由此可以利用 VIL 跃增变化期配合反射率因子径向速度等提前进行冰雹的预警。

致谢: 感谢延安市强对流天气雷达预警系统开发课题项目对本文的支持

## 参考文献:

- [1] 雷崇典, 万星, 刘俊强, 等. 延安市冰雹云初始回波识别[J]. 陕西气象, 2010(2): 13-17.
- [2] 曹雪梅, 蒋小莉, 王凌军, 等. 延安宝塔区近 10 年冰雹时空分布与历史状况对比[J]. 陕西气象, 2016(1): 13-16.
- [3] 冯晋勤, 陈冰, 张深寿, 等. 新一代多普勒天气雷达 (CINRAD/SA) 观测对流天气的雷达回波特征 [A]. 中国气象学会 (Chinese Meteorological Society). 第五届全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会学术论文集 [C]. 中国气象学会 (Chinese Meteorological Society): 中国气象学会, 2002.
- [4] 赵瑞金, 郝雪明, 杨向东, 等. 2009 年 7 月 20 日承德龙卷多普勒天气雷达特征[J]. 气象, 2010, 36(11): 68-76.
- [5] 胡胜, 罗聪, 张羽, 等. 广东大冰雹风暴单体的多普勒天气雷达特征[J]. 应用气象学报, 2015, 26(1): 57-65.
- [6] 吴剑坤. 我国强冰雹发生的环境条件和雷达回波特征的初步分析[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2010.
- [7] 李昌玉, 何永晴, 玉红英. 多普勒雷达产品对西宁冰雹天气的应用分析[J]. 青海农林科技, 2017(2): 59-62.
- [8] 雷崇典, 代娟, 陈君寒. 延安地区降雹的天气气候特征及产生条件[J]. 陕西气象, 1995(6): 11-13.
- [9] 李国昌, 李照荣, 李宝梓. 冰雹过程中闪电演变和雷达回波特征的综合分析[J]. 干旱气象, 2005(3): 26-33.
- [10] 廖玉芳, 俞小鼎, 吴林林, 等. 强雹暴的雷达三体散射统计与个例分析[J]. 高原气象, 2007(4): 812-820.
- [11] 王晓君, 夏文梅, 段鹤, 等. 三体散射长钉 (TB-SS) 在 C 波段雷达中的应用研究[J]. 气象,

2014,40(11):1380-1388.  
[12] 廖向花,林娜,李轲,等. 利用多普勒雷达产品识别重庆冰雹云指标分析[J]. 西南大学学报(自然科学版),2011,33(11):131-135.  
[13] 王易,郑媛媛,孙康远,等. 南京雷达中气旋产品特征值统计分析[J]. 气象学报,2018,76(2):266-278.  
[14] 朱君鉴,王令,黄秀韶,等. CINRAD/SA 中气旋

产品与强对流天气[J]. 气象,2005(2):38.  
[15] 许爱华,应冬梅,黄祖辉. 江西两种典型强对流天气的雷达回波特征分析[J]. 气象与减灾研究,2007(2):23-27.  
[16] 刁秀广,朱君鉴,黄秀韶,等. VIL 和 VIL 密度在冰雹云判据中的应用[J]. 高原气象,2008(5):1131-1139.

# Analysis of Doppler Radar Echo Characteristics of Hail in Yan'an

DING Shuai, XIAO Tiangui

(Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** In order to provide guidance for the work of hail elimination and disaster prevention and reduction in Yan'an, NCEP reanalysis data, conventional weather data and Yan'an C-band Doppler weather radar data were used to analyze the mega incident in detail that occurred in Yan'an Ansai District on June 12, 2016. The following conclusions were obtained during the hail process: (1) The northwest airflow weather conditions combined with appropriate 0 ° C and negative 20 ° C layers provided good environmental conditions for the large hail process. (2) On the radar reflectivity factor, the strong convective storm showed the echo characteristics of typical supercells, including "V" notches in the middle and lower layers of the storm, hook echoes, three-body scattering and boundedness. In the weak echo area, and in the middle and upper layers, the overhang of the echo occurs. The maximum reflectance factor is higher than 65 dBz and the strong center height is above the negative 20 ° C layer. (3) During the process, the characteristics of the mesocyclone appeared. The mesocyclone maintained for 1 hour and the maximum thickness reached 5 km. This time, the hail occurred in the mesoscale cyclone and the wind speed convergence area on one side of the gale zone. (4) The vertical accumulated liquid water content (VIL) changed rapidly before the occurrence of hail. After this hailfall, the VIL did not decrease suddenly, but increased slightly due to the continuous development of multiple strong central storms within the storm.

**Keywords:** meteorology; short and medium-term weather forecast; hail; supercell storm; Doppler weather radar