

文章编号: 1006-4354 (2006) 06-0033-04

# 2006-05-21 冰雹天气雷达回波及成因分析

李秀琳, 张永红, 贾金海, 张丽娟, 刘 瑜

(渭南市气象局, 陕西渭南 714000)

**摘 要:** 利用渭南 711 雷达资料、西安多普勒雷达产品资料、高空和地面观测资料对渭南 2006-05-21 冰雹天气的雷达回波和天气成因进行了分析。分析得出: 西北气流冷平流是主要影响系统, 过程前的增温、增湿及上干冷下暖湿的温湿配置, 垂直风切变及高空强冷平流为冰雹天气的发生提供了有利的环境条件。 $0^{\circ}\text{C}$ 层高度低, 云中负温区深厚, 是此次冰雹天气过程云顶高度和强中心高度不高, 但仍造成地面降雹及回波顶高度 ( $h$ ) 与 45 dBz 顶高 ( $h_{45}$ ) 差值 ( $h-h_{45}$ ) 小的主要原因。

**关键词:** 冰雹天气; 雷达回波; 成因; 渭南

**中图分类号:** P458.121.2

**文献标识码:** B

## 1 过程概况及特点

2006-05-21 渭南市北部遭受冰雹袭击, 此次过程冰雹云反复侵袭, 来势凶猛, 强度大, 强回波带自西北向东南影响白水、蒲城、富平等 6 县, 持续时间长, 最长持续时间达 90 min 左右, 冰雹直径 0.5~2 cm, 雹粒密度大, 由于雹云反复发展和个别县(市)受空域限制及防御盲区等因素, 受灾面广, 直接经济损失 1.7 亿元。通过渭南市 711 雷达连续跟踪发现, 2006-05-21 冰雹云 RHI 显示云顶高度不高, 强度也维持在 55~60 dBz 之间, 且维持时间长, 回波顶高度在 8 km 以下, 多次出现回波顶高度 ( $h$ ) 与 45 dBz 顶高 ( $h_{45}$ ) 差值 ( $h-h_{45}$ ) 较小的情况, 与以往渭南市冰雹云特征相比明显不同。

## 2 雷达回波分析

### 2.1 711 雷达雹云发展演变分析 (PPI)

21 日 14:06 雷达观测在渭南市境外上游出现零星对流云块状回波 A (图 1 a); 15:01 回波逐渐加强, 向东南方向移动, 进入白水境内, 15:12—15:18 强度增至 47.5~55.6 dBz, 高度达 7.2~8.1 km., 45 dBz 顶高达 5.8 km; 15:15 另一块状回波 B 进入白水北塬, 强度 43.1 dBz, 回波顶高

6.7 km, A、B 同时向东南方向移动加强, 此时有 8 个炮点相继作业; 15:40—16:31 单体 A 由白水东南移至蒲城大孔, 强度 55.6 dBz, 高度 8.0 km, 45 dBz 顶高 6.2 km, 作业后降小雹, 无灾。同时在富平雷古坊出现单体 C 向东南移动增强。15:50 单体 B 移至白水、澄城交接地带, 强度 55.0 dBz, 回波顶高度 8.8 km, 45 dBz 顶高达 7.3 km, 地面降雹后继续向东偏南方向移动, 且趋于减弱。17:01 出现第二次回波, B 消散; 17:15 单体 C 移入蒲城苏坊, 强度达 61.6 dBz, 回波顶高度 7.1 km, 作业后地面降小雹, 同时白水的许道、北塬, 澄城的冯塬出现多个单体雹云, 强度 36.4~47.5 dBz, 向东南方向发展 (图 1 b); 17:51 逐渐合并成带状回波 D, 长约 60 km, 宽约 15 km, 强中心位于带状回波合并处, 强度达 56.0 dBz, 回波顶高 8.6 km, 约以 20 km/h 的速度向东南移动; 18:15 带状回波范围扩大, 且移速加快, 约 40 km/h 的速度向东南移动, 影响白水、澄城、蒲城等县市产生降雹; 18:43 带状回波分裂为块状回波, 强中心位于蒲城县东北并向东南移动; 19:18—19:35 富平到贤、蒲城贾曲、党睦一带降雹, 降雹后回波逐渐减弱, 至 20:30 过程结束。

收稿日期: 2006-07-06

作者简介: 李秀琳 (1968-), 女, 青海民和人, 工程师, 从事人工影响天气业务管理工作。

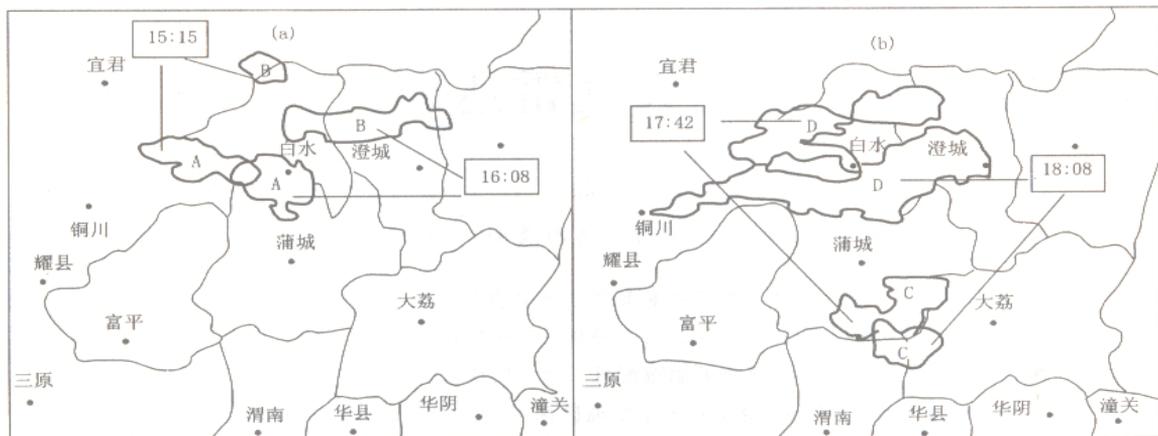


图1 2006-05-21渭南711雷达PPI雹云回波

## 2.2 多普勒雷达产品PPI简析

雹云发展期间,西安新一代多普勒天气雷达进行了连续观测。通过不同仰角产品分析,A、B、C、D在不同发展过程中的演变趋势与711雷达观测结果一致,但多普勒雷达反映的范围和强度比711雷达明显,强中心反映的回波维持时间、移动范围及降雹情况与实际地面降雹维持时间、地点更为接近。多普勒雷达观测到的A、B、C单体最强中心强度为58.0 dBz,带状回波D更为明显,最强中心为63.0 dBz,强中心范围大。多普勒显示的强度比711雷达强度高5~10 dBz;云顶高度基本维持在8 km以下,18:00局部云顶高达11 km,18:13从9 km降为8 km左右,并逐渐降低,与711雷达观测的高度相符。垂直液态含水量(VIL)在降雹前有明显的“跃增”,15:20—15:45从9 kg/m<sup>2</sup>增至42 kg/m<sup>2</sup>,这种“跃增”变化促进了冰雹的快速形成,配合地面出现降雹;16:58—16:52维持在30~35 kg/m<sup>2</sup>,以后逐渐减小。第二次回波过程中,从17:48开始垂直液态含水量在35 kg/m<sup>2</sup>以上;最大值出现在18:00,为46 kg/m<sup>2</sup>;18:53减小为25 kg/m<sup>2</sup>。

## 2.3 711雷达RHI分析

2.3.1 云顶高度和强中心高度均不高 渭南市冰雹云云顶回波高度 $h$ 在10 km以上,45 dBz顶高 $h_{45}$ 在7 km以上。此次过程,冰雹云反复出现,

RHI多次显示不同单体回波分别具有柱状陡直粗大、结构密实、上宽下窄、回波穹隆、完整的回波墙等明显雹云特征,但高度在8 km以下,最高仅达9.6 km,45 dBz顶高 $h_{45}$ 均小于7.5 km,维持在6 km左右(图2)。

2.3.2 多次出现 $h-h_{45}$ 较小的情况 利用渭南市 $h-h_{45}$ 变化判别冰雹云强弱<sup>[1]</sup>(当 $h-h_{45}\leq 1.5$  km时,为强冰雹云并带来严重雹灾;当 $1.5$  km $<h-h_{45}\leq 2.0$  km时,中等雹云并有较重雹灾;当 $2.1$  km $<h-h_{45}\leq 3.0$  km时,为弱雹云,降小雹或软雹但无灾害造成),A、B、C、D单体及多单体雹云在移动发展中,多次达到了该项指标,如表1所示,这种现象在渭南市历次雹云发展演变的过程中出现较少。

表1 2006-05-21渭南雷达回波 $h-h_{45}$ 差值与降雹情况

回波单体	时间	$h$ /km	$h_{45}$ /km	$(h-h_{45})$ /km	雹情	灾情
A	15:12	8.1	5.8	2.3	降小雹	无灾
A	15:18	7.2	5.7	1.5	降雹密度大	较重
B	15:38	7.2	4.4	2.8	软雹	无灾
B	15:50	8.8	7.3	1.5	降雹密度大	较重
A	16:30	8.0	6.2	1.8	降雹密度大	较重
C	17:08	7.8	5.1	2.4	降雹	无灾
C	17:40	7.7	5.9	1.8	降雹	较重
D	18:08	9.6	7.2	2.4	降小雹	无灾
D	18:15	8.7	6.7	2.0	降雹密度大	较重

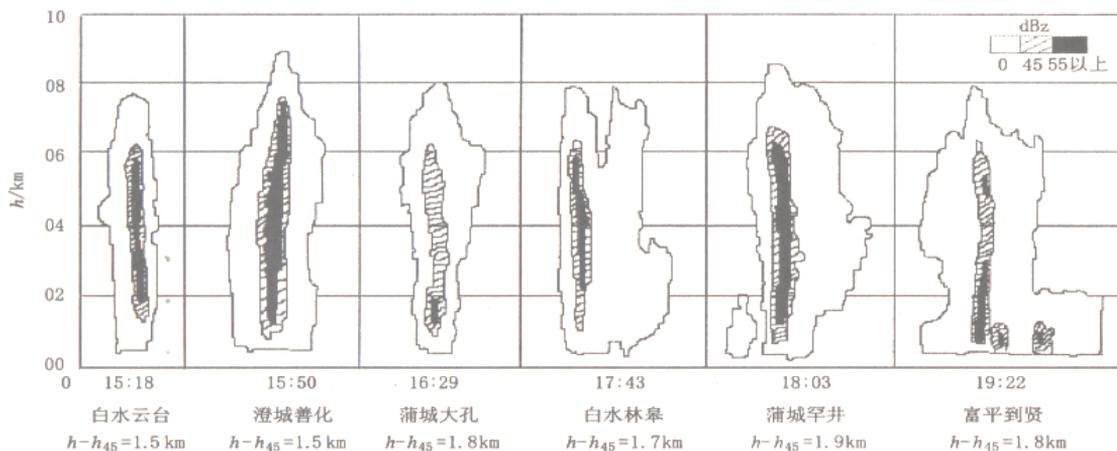
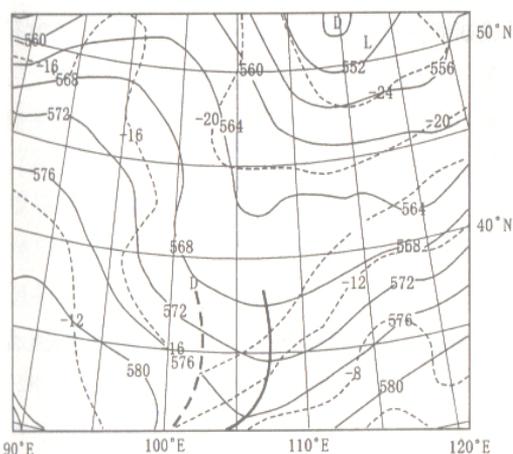


图2 2006-05-21 渭南 711 雷达冰雹云 RHI 回波

### 3 天气背景分析

过程前期, 20 日 08 时 500 hPa 图上, 新疆高脊发展, 脊前浅槽位于河西, 700 hPa 图上陕西中北部有东北—西南走向切变。地面图上, 陕西位于冷空气前沿。20—21 日渭南市普降小到中雨, 空气湿度大, 21 日白天, 天气放晴, 低层升温明显。21 日 08 时 500 hPa 图上, 贝湖东部 110~120°E, 50°~55°N 之间有一冷涡, 中心高度为 548 dagpm, 新疆为一高脊, 河套西部有一低槽。温度场上内蒙—四川东部有一东北至西南走向的温度槽, 冷中心位于内蒙古阿拉善, 中心强度为一 20°C, 渭南位于槽前西南气流(图 3)。700 hPa 图



细实线为等高线; 细虚线为等温线;  
粗实线为高度槽; 粗虚线为温度槽

图3 2006-05-21T08 500 hPa 形势场

(图略)上, 太原—商南—湖北竹山—重庆有一明显低槽, 渭南处于槽后的西北气流中, 温度槽落后于高度槽, 0°C 等温线南压至陕北南部、甘肃境内, 冷平流比较明显。08 时地面图(图略)上, 与 700~500 hPa 高空图相对应, 青海东部、甘肃、内蒙处于高压控制, 渭南处于高压底部的西北气流中。14 时地面图上(图略), 渭南市仍处于高压中心底部。可以看出, 过程的影响系统为西北气流冷平流。

### 4 物理量分析

由于渭南距西安仅 60 km, 所以可用西安探空资料来分析物理参数, 从表 2 可以看出, 水汽通量主要集中在 850~400 hPa, 低层不断有水汽向上输送, 并且低层比湿较大, 而在 400 hPa 附近为 0, 说明上层干燥, 中低层潮湿, 这种上干冷下暖湿的位势不稳定层结为冰雹天气发生提供了必要的不稳定条件。从垂直速度看, 有明显的上升运动, 其垂直运动主要发生在 500~300 hPa (5.7~9.5 km) 附近。

表2 2006-05-21T08 西安物理量垂直分布

高度层/hPa	水汽通量/ (g/(cm·hPa·s))	比湿/ (g/kg)	垂直速度/ (10 <sup>-3</sup> hPa/s)
850	2~4	8	0
700	4	4	0
500	4~6	2	-20
400	4	0	-20
300	0		-20
250			0

## 5 垂直风切变分析

适当的高空风切变对冰雹的形成和发展有重要作用。图4中,西安925 hPa为6 m/s的西南风,850 hPa为4 m/s的偏西风,700 hPa为10 m/s的偏北风,500 hPa为22 m/s的偏西风急流,400 hPa以上为偏南风,风向和风速都有切变;延安850~700 hPa有6 m/s的北西北风,500 hPa有14 m/s的偏西风,说明700~500 hPa之间有明显的风切变。由于500 hPa急流附近垂直风切变大,700 hPa以下风随高度顺转(暖平流),700 hPa以上风随高度逆转(冷平流),冷暖平流及位势不稳定显著,有利于冰雹的形成和增长。

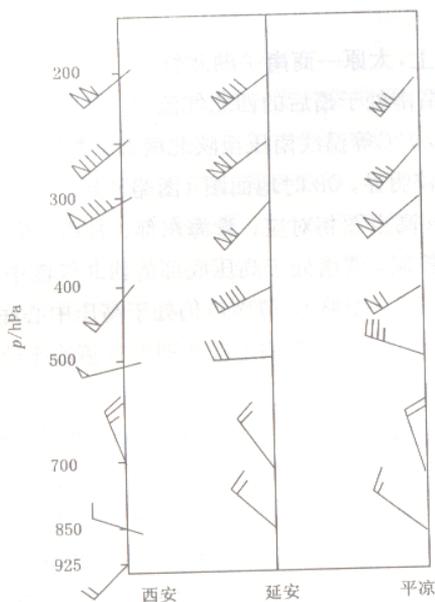


图4 2006-05-21 风向风速剖面图

## 6 0℃层高度和-20℃层高度分析

降雹要有适当的0℃层高度,0℃层在700~600 hPa附近,-20℃层的高度在500~400 hPa最有利形成冰雹,稍低比稍高有利<sup>[2,3]</sup>。根据21日08时探空资料,0℃层高度出现在700 hPa高度附近即3.08 km处,与渭南市5月0℃层平均高度3.78 km相比偏低0.7 km,-20℃层出现在7.5 km(400 hPa附近)处,因此雹胚主要在3.08~7.5 km的负温区中碰并增长,即强回波顶高度平均小于7.5 km。而500~300 hPa附近垂直运

动明显,300 hPa以上水汽通量和比湿均为0,所以云顶高度出现在400~300 hPa,即7.5~9.5 km左右,与711雷达观测记录相符。此次过程,由于0℃层高度比平均高度偏低,中上层冷空气的侵入较强,0℃层和-20℃层间温度垂直梯度大,中空不稳定,非常适宜冰雹的生长,冰雹生成区离地面近,雹粒在长大后下落的过程中通过暖层的距离缩短而来不及融化,造成地面降雹;700~300 hPa之间有深厚的负温区,强对流发展旺盛、持续时间长,使得强回波顶高度与云顶高度更为接近。

## 7 结论

7.1 适宜的0℃层高度和-20℃层高度是冰雹形成的有利条件。0℃层高度低,云中负温区深厚,是此次冰雹天气中云顶高度和强中心高度不高,但仍造成地面降雹及 $h-h_{45}$ 差值小的主要原因。

7.2 过程前的增温、增湿为冰雹天气的发生提供了有利的热力条件;上干冷下暖湿的温湿配置提供了强的位势不稳定能量;明显的垂直风切变及高空强冷平流提供了有利的环境条件;西北气流冷平流是主要影响系统。

7.3 强回波顶高度出现在400 hPa附近,云顶高度400~300 hPa,与711雷达观测结果基本一致。

7.4 多普勒雷达观测的垂直液态含水量在冰雹形成期间达到最大值,然后逐渐减小,降雹前有明显的“跃增”,加速了冰雹的形成,“跃增”后达到 $40 \text{ kg/m}^2$ 时,应该密切注意其回波演变;而多普勒反射率因子要比711雷达强度高出5~10 dBz。

## 参考文献:

- [1] 李秀琳,张丽娟,贾金海,等.渭南市冰雹天气雷达回波特征分析[J].陕西气象,2006(1):12-15.
- [2] 裴巨才,李培仁,郭幕萍,等.山西冰雹[M].北京:气象出版社,2004:32-33.
- [3] 刘振隆.天气学[M].北京:气象出版社,1986:636-641.