

文章编号: 1006-4354 (2006) 01-0009-04

铜川 2004-09-14 冰雹天气成因分析

周晓丽¹, 高维英²

(1. 铜川市气象台, 陕西铜川 727031; 2. 西安市气象台, 陕西西安 710016)

摘 要:通过分析 2004-09-14 铜川市中东部地区出现的冰雹天气过程,发现 500 hPa 的高空槽后西北气流中的冷温度槽是主要影响系统,300 hPa 高空急流和对流层上层 200 hPa 的正涡度大值区以及对流层低层的垂直风切变是对流发生的有利条件,强对流发生在稳定度指数 $K_y \geq 2$ 的区域。同时,新一代天气雷达回波图上,云团回波的增强与合并,对于冰雹的落区和降雹时间有很好的指示作用。

关键词: 冰雹; 高空冷槽; K_y 指数; 雷达回波

中图分类号: P458.1 **文献标识码:** B

冰雹是铜川市的主要灾害性天气之一。铜川冰雹发生时间一般是在 4—9 月,个别年份在 3 月和 10 月也出现。5、6 月是冰雹活动最频繁的时期,据统计,铜川历史上 9 月份出现冰雹天气的个例并不多见。铜川中东部地区,是陕西省优质苹果生产基地之一,9 月份刚好是铜川苹果解袋期,雹灾对苹果成熟造成较大危害。因此,研究这段时期冰雹天气的产生机制,对于预测、防御秋季冰雹天气尤为重要。

1 冰雹天气实况

2004-09-14-13:00—16:00 铜川中东部地区发生了短时强对流天气,局地降直径为 10 mm 的冰雹,铜川站 30 min 降雨 11 mm。此次强对流天气时间短、受灾重,红土镇、印台、金锁、陈炉 4 个乡镇的 25 个行政村受雹灾。全区果园受灾面积达到 770 余 hm^2 ,成灾面积近 420 hm^2 ,经济损失 445 万元。

2 影响系统

2.1 高空槽后西北气流中冷温度槽

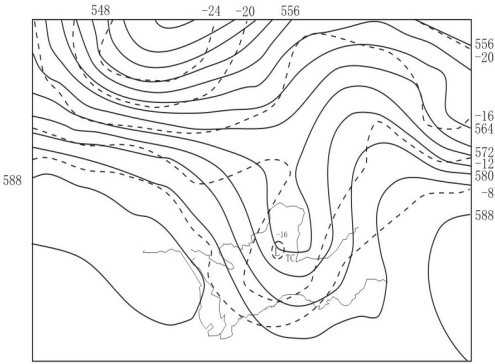
2004-09-12-08 (北京时,下同),500 hPa 贝加尔湖西南侧—蒙古有小槽发展,引导地面小股弱冷空气随之南下,上游庞大的大陆高压东伸到 35.2°N , 93°E 附近,闭合的 588 dagpm 线位

于新疆西南部喀什和田一带,下游副热带高压位于 40°N , 130°E 以东的日本海上,高原上有强的暖平流作用,使上游新疆西南部 588 dagpm 线向北扩展,加大了环流经向度,使两高之间冷槽向南发展、加深。

14 日 08 时,300 hPa 河套地区 39°N , 109°E 到 33°N , 109°E 有一冷性槽,铜川处于 -40°C 的冷中心附近,温度槽落后于高度槽约 3 个经度,属于比较深厚的温压场对称系统。500 hPa 上亚洲地区环流经向度较大,高空槽位于河套地区,铜川处于槽后强西北气流中(图 1),副热带高压呈两个块状高压单体分布于高空槽的东西两侧,冷槽被两个高压单体挤压,近乎为一切断低涡,但是北部还没有完全切断。准低涡中心在 37°N , 110°E 附近,形成一个倒 Ω 型。南部低槽位于 $25^\circ\sim 37^\circ\text{N}$, 110°E 附近,冷涡槽后有大风密集区, 35°N 附近的西北气流风速达 $20\sim 24\text{ m/s}$ 。低于 -16°C 的冷中心位于槽后,槽后西北气流将冷空气不断地向铜川上空输送,堆积。

2.2 高空西北风急流

9 月 14 日 08 时 300 hPa 上河套西部 ($102^\circ\sim 107^\circ\text{E}$, $32^\circ\sim 38^\circ\text{N}$) 有贯穿甘肃中部的一支高空急流区,其中民勤—榆中—汉中一线为急流轴,民



实线—500 hPa 高度；虚线—500 hPa 温度；
L—500 hPa 冷中心；TC 为冰雹落区

图 1 2004-09-14-08 500 hPa 形势场

勤风速 36 m/s, 榆中 43 m/s, 平凉 41 m/s, 到延安 4 m/s, 西安 15 m/s。

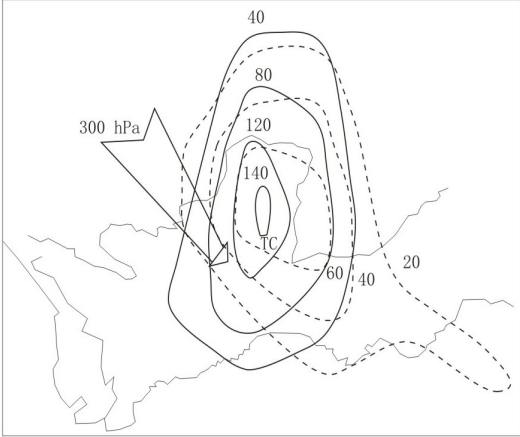
高空急流区的强风有利于对流云顶辐散的增强和上升气流的维持。在对流云体发展中, 由于水汽凝结释放潜热, 会使云体上部增暖, 使上下层结趋于稳定, 急流区的强风将云体上部的暖空气带走, 从而又维持了上冷下暖的不稳定层结, 有利于对流云的维持发展。高空急流轴出口区左侧和入口区右侧为正涡度平流和辐散区, 均有利于对流云的发展。铜川恰好处于急流出口区左侧(图 2), 高空的辐散抽吸作用导致了强烈的辐合上升运动, 与低层的切变造成上升运动叠加, 形成反热力次级环流, 有利于突发性深对流天气的发展^[1]。同时, 高空急流为此次强对流提供了冷源, 使对流得以强盛发展。

3 对流产生的机制

3.1 热力条件与层结不稳定

3.1.1 热力条件 9月14日天气晴朗, 地面接受充分的太阳辐射, 午后升温快, 从11时到14时地面升温8℃, 近地面大气得到了充足的热量, 而高空西北气流引导河西冷空气急剧南下, 300 hPa上13日20时平凉—西安的温度平流为-8℃, 13日20时—14日08时西安单站温度平流为-9℃, 说明高空有强的冷平流, 利于下暖上冷的不稳定层结的形成。

3.1.2 K_y 指数 日本的山崎孝治分析了产生对流的3个条件, 并把它综合为一个指数 K_y ^[2], 用



实线—200 hPa 涡度；虚线—500 hPa 涡度；
双箭头为 300 hPa 急流；TC 为冰雹落区

图 2 2004-09-14-08 200、500 hPa 涡度
(单位: $10^{-6} s^{-1}$)、300 hPa 急流和冰雹落区配置图

来判断大气层结稳定性, 其计算公式为:

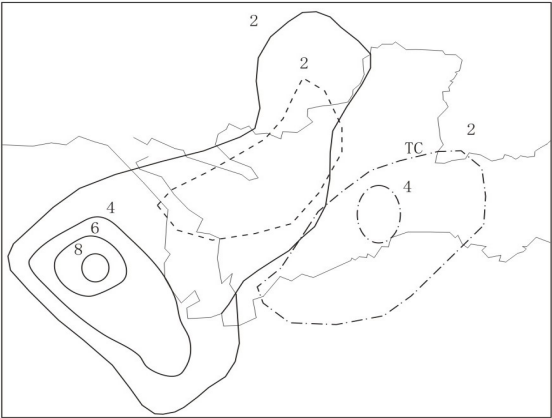
$$K_y = \begin{cases} \frac{T_A - SI}{1 + (T - T_d)_{850}} & T_A > SI \text{ 时} \\ 0, & T_A \leq SI \text{ 时} \end{cases}$$

提出 K_y 指数主要由温度平流 $T_{A(850-500)}$ 、沙氏指数 SI 和 850 hPa 温度露点差 3 个要素决定。当 $T_A > 0$ 时为暖平流, $T_A < 0$ 时为冷平流; 当 $SI > 0$ 时为不稳定, $SI < 0$ 时为稳定; $(T - T_d)_{850}$ 表示湿度条件, 当 $(T - T_d)_{850}$ 趋于零, K_y 指数值增大。 K_y 越大, 层结越不稳定, 越有利于对流产生。

统计 2004—2005 年夏季 13 次对流天气, 通过晴雨天气时的 K_y 指数分布对比, 发现在 K_y 指数 ≥ 2 的区域及北侧易发生对流, 而且 K_y 指数愈大, 伴随的天气现象愈剧烈, 一般 $K_y \geq 2$ 的区域就有阵性降水和雷暴。 K_y 高值区轴线的移动方向下风方易产生强对流天气, 铜川市的对流一般发生在由陕南伸向关中的 $K_y = 2$ 高舌的北侧, 或者当上游甘肃—宁夏有 $K_y \geq 2$ 的高舌向东南移动时本市也易发对流。

从本次对流天气发生前后 K_y 指数变化看, 12 日 20 时在宁夏经甘肃中部到四川中部有 $K_y \geq 2$ 的高值区, 四川西北部有 $K_y \geq 4$ 的高舌, 说明层结极不稳定, 次日地面上四川西部有雷暴等强对流天气现象, 13 日 08 时高值区移到甘肃中部, 随着东南移范围不断缩小, 14 日 08 时到达四川

东部到陕南一带，高舌伸向关中，铜川位于 $K_y \geq 2$ 边缘（图 3）。在其移动演变过程中，地面上对应高值区都有不同程度的对流天气发生。



实线—12 日 20 时；虚线—13 日 08 时；点划线—14 日 08 时
图 3 2004-09-12-20—14-08 K_y 指数演变

3.1.3 层结分析 K 指数是反映中低层稳定性和湿度条件的综合指标。13 日 20 时有四川伸向河套的 32°C 高值区，铜川处于高能轴右侧下风方，说明此时已有不稳定能量开始积累，14 日 08 时关中地区维持 $\geq 32^{\circ}\text{C}$ 的高值区，直到对流爆发，高值区才消失。

3.2 动力条件

3.2.1 环境风垂直切变 高、低层有强的环境风垂直切变。9 月 13 日 20 时—14 日 08 时的站点剖面图（图略）上游平凉站 850 hPa 到 700 hPa 维持较大的风垂直切变，对应西南风到西北风的切变，

0~6 km 风随高度顺转超过 90° 。具有垂直切变的环境风提供了对流发展的能量，成为对流爆发的动力触发条件。

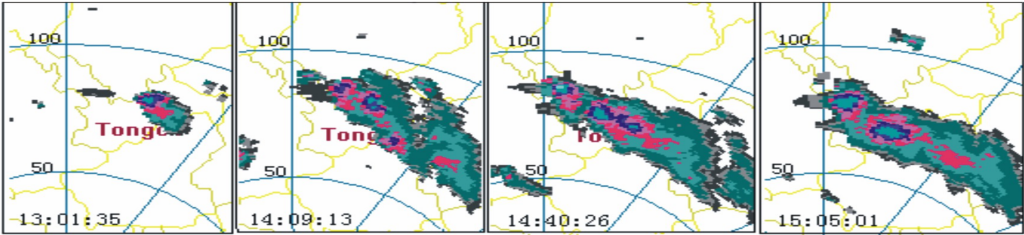
3.2.2 高空正涡度 14 日 08 时 500 hPa 以上河套地区淳化—庆阳—华池—伊克乌素为强的正涡度，200 hPa 在甘肃固原有 $140 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 的中心，500 hPa 对应有 $60 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ 的中心（图 2），强的正涡度表明高空有强扰动存在，与中高层的冷槽相对应。

4 地形的动力作用

9 月 14 日 08 时地面和 925 hPa 为偏东风，当东风气流从东部红土镇（海拔 1 082 m）下坡向海拔低的印台区（海拔 1 042 m）移动时，下沉增温，后又沿着楼子向金锁（海拔 1 135 m）被迫爬升，由于地形的强迫抬升作用，有利于不稳定能量的释放，上升的暖湿气流遇到高空冷平流激发对流产生。冰雹路径自东向西又折向西北，是很少见的。

5 雷达回波分析

发生降雹的对流云团是在铜川市东部沟壑地区发展起来的，西安新一代雷达回波图（PPI）（图 4）上，13：00 在印台区东部肖家堡到红土镇一带有一 25 dBz 强度的云团，经寇村、印台、楼子、金锁，向西发展过程中回波单体不断加强合并，中心强度快速增强，积雨云团发展。15：05 对流云团最旺盛，有 2 个强度为 50 dBz 的回波中心。15：00 对流云团经过印台区的印台镇时增强，在当地降了直径 10 mm 左右的冰雹。雷达单体回波移动方向与中东部地区地势起伏不平沟原相间



距离间隔 50 km，中心强度 50 dBz
图 4 2004-09-14-13：01—15：05 西安新一代雷达回波图（PPI）

文章编号: 1006-4354 (2006) 01-0012-04

渭南市冰雹天气雷达回波特征分析

李秀琳, 张丽娟, 贾金海, 刘 瑜

(渭南市气象局, 陕西渭南 714000)

摘 要: 利用渭南市 1998—2005 年的 711 雷达观测资料和实况资料, 运用统计和对比的方法, 对渭南市冰雹天气雷达回波特征进行综合分析。结果表明: 源于黄龙山一带生成的对流单体, 合并加强后沿合阳、澄城县交界北段入侵渭南, 如果其移动路径为西北—东南—西南时必为强冰雹云; 在 RHI 上依据回波顶高度 h 与 45 dBz 回波顶高 h_{45} 的差距识别冰雹云, 当 $h-h_{45}\leq 1.5$ km 时, 为强冰雹云, 当 $1.5\text{ km}<h-h_{45}\leq 2.0$ km 时, 为中等雹云, 当 $2.1\text{ km}<h-h_{45}\leq 3.0$ km 时, 为弱雹云, 当 $h-h_{45}>3.0$ km, 为雷雨天。

关键词: 冰雹天气; 711 雷达; 回波分析; 渭南

中图分类号: P458.1

文献标识码: B

渭南是冰雹多发地之一, 具有雹季长、频次高、危害大的特点, 雹日最多年份达 20 个, 年平均雹日 11.2 个。降雹特高区: 一是富平、白水、蒲城三县接壤地域; 二是澄城、合阳两县交界北段。其中源于东北部黄龙山一带生成的对流单体, 合并加强后沿合阳、澄城县交界北段入侵渭南, 后继续加强发展, 产生强降雹天气过程, 雹云水平尺度只有 20 km 左右, 其特点是突发性强, 生命史短, 密度大、灾害严重, 如 2001-09-05、2004-09-14 等发生在这一带的雹云均属这种类型;

通过 711 雷达观测资料统计分析, 得出渭南市冰雹天气雷达回波特征。

1 资料来源

选用 1998—2005 年渭南强冰雹天气过程的 711 雷达观测资料, 对其在 PPI 上回波移动路径和灾情进行对比统计分析, 用回波移动路径识别强冰雹云; 采用了近 5 a RHI 回波资料进行统计分析, 依据对流云回波顶高与 45 dBz 顶高的差值识别强冰雹云, 并在 2002—2005 年渭南 7 县市 119 例对流云雷达观测中应用。

收稿日期: 2005-09-19

作者简介: 李秀琳 (1968-), 女, 青海民和人, 工程师, 从事人影业务管理工作。

的地形一致, 是狭长的带状, 回波系统发展成熟后, 自东向西移动时发生了一次转向, 形成 ‘V’ 字型回波路径, 最后演变成西北—东南向的强盛对流云团, 沿着红土镇—印台—金锁的地形移动。将实况与演变回波对应发现: 回波云团的合并, 导致对流的加强, 增强时降雹。

6 小结

6.1 高空槽后西北气流中的冷温度槽是主要影响系统。冷温度槽提供了源源不断的冷空气, 激发了强对流的发生。

6.2 高空急流和正涡度平流促进了对流发展。

6.3 K_y 指数与对流发生有较好的指示意义, 本

次冰雹发生在 $K_y\geq 2$ 的区域, 这一结论是否具有普遍性, 还有待进一步分析研究。

6.4 回波云团的合并与加强与冰雹落区和降雹时间对应较好。

6.5 本地特殊地形是形成冰雹的触发条件。

参考文献:

[1] 中国气象局科教司. 省地气象台短期预报岗位培训教材 [M]. 北京: 气象出版社, 1998: 230-231.
[2] 国家气象局科教司. 天气分析和诊断方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1992: 75-76.