

文章编号: 1006-4354 (2010) 02-0009-05

# 咸阳市“8·14”与“8·8”两次大暴雨天气对比分析

李祥林, 牛乐田, 尹盟毅

(咸阳市气象局, 陕西咸阳 712000)

**摘要:**对2006年8月14日夜间及2007年8月8日夜间关中中西部两次大暴雨天气进行对比分析, 结果表明: 两次大暴雨天气过程具有一系列相似的基本特征, 但也存在一些明显差别。其共同点是大范围冷空气活动、带状高压带中高压之间的互动, 提供了大暴雨发生的环境背景条件; 高空冷空气、两高之间的上升运动、切变辐合区汇合、叠加, 为该地中小尺度系统的生成和发展提供了有利条件; 大暴雨产生在深厚的水汽层结、水汽辐合及强烈的对流不稳定区, 小尺度辐合区形成与大暴雨过程同步, 辐合中心附近出现大暴雨, 是造成大暴雨的直接影响系统。不同点是在对流发展过程中, 中小尺度辐合区差异决定大暴雨落区; 能级差大小、水汽增长(辐合)快慢、高层抽吸作用强弱决定大暴雨强度; 涡度场和散度场的有效配置, 整层是否形成较强的持续垂直上升运动, 决定大暴雨发生的持续时间。

**关键词:**大暴雨; 人字形切变线; 天气系统; 物理量场; 对比分析;

**中图分类号:** P458.121.1

**文献标识码:** A

2006年8月14日夜间—15日凌晨(简称“8·14”), 关中中西部户县、周至、武功、淳化、耀县等6个县市出现了区域性暴雨过程, 其中咸阳武功县城、淳化部分地区出现了大暴雨。主要强降水突发在14日20—22时, 其间武功95 min降雨量达138.4 mm左右(测站降水量), 为40 a一遇的罕见大暴雨天气。2007年8月8日19时—9日15时(简称“8·8”), 咸阳遭遇了百年罕见的区域性大暴雨袭击, 并伴有强雷电和大风天气, 暴雨发生在中南部10个县(区、市), 降水主要集中在8日22时至9日03时, 其中泾阳太平乡1 h降水量达74.2 mm。降水量最大的是礼泉(207.8 mm), 咸阳、乾县、泾阳、永寿和兴平降水量均达100 mm以上, 中南部所有县、市(区)均超过50 mm。此次大暴雨过程, 降水范围之广, 强度之大为咸阳近百年所罕见。全市直接经济损失达2.8亿元。两次大暴雨均造成了重大灾害损失, 因此分析研究其机理对于认识了解此

类灾害性天气发生规律十分必要, 对减灾防灾意义重大。

## 1 大尺度环流背景对比分析

“8·14”过程前, 500 hPa高空环流分成两部分, 40°N以北冷空气活动频繁, 8月11日开始贝湖冷涡加深、冷空气堆积; 与此同时40°N以南形成一带状高压带, 副高位置有所摆动; 700 hPa高原—河套多低环流、切变线活动; 地面上处于高压底部; 上述环流场为突发性大暴雨的形成提供了基本的环流背景。

“8·8”过程前大环流表现为西高东低, 40°N以北冷空气活动频繁, 并不断南压, 带状高压在高原中部、东部沿海各有一中心, 东北为一冷涡, 华南西部有台风活动, 两高压相向而行, 最终在河套中底部形成强烈辐合上升区。

相同点: 40°N以北冷空气活动频繁, 副高为主要影响系统, 两高之间河套中底部形成强烈辐合上升区, 地面上有冷高压。不同点: 环流演变

收稿日期: 2009-09-01

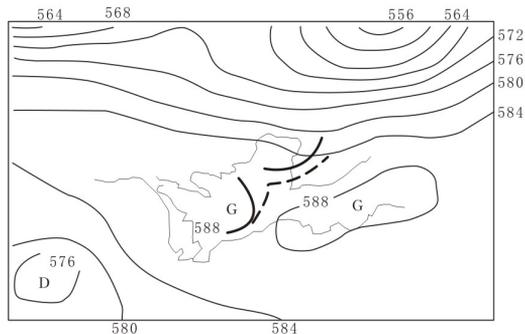
作者简介: 李祥林(1964—), 男, 陕西蒲城人, 高级工程师, 从事天气预报及研究。

过程不同;带状高压区域及强弱、冷高压的位置、强度不同;水汽通道不同。

## 2 影响系统对比分析

### 2.1 大尺度系统

2006年8月14日08时500 hPa层,带状高压带断裂,副高588 dagpm线位于郑州—西安—汉中,合作—武都—红原有一588 dagpm小高压,两高之间有一槽,河套中底部处于副高外围的西南暖湿气流之中;另外,北京—太原—延安—平凉之间有一西风槽,槽后冷空气明显,高空锋区南压到37°N附近;8月14日08时700 hPa高空图上,兰州—平凉—银川之间有一低环流,太原—延安—平凉为一切变,平凉—武都—成都为一切变,形成一人字形切变;地面上冷高压由华北地区向西南压,受秦岭阻挡;高空冷空气、两高之间上升运动、切变辐合区汇合、叠加在关中西部(图1)。



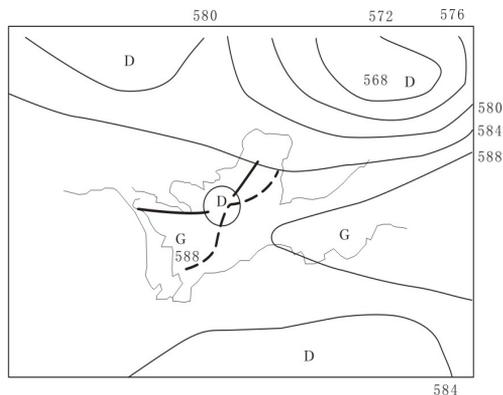
粗实线为500 hPa槽线;粗虚线为700 hPa切变线

图1 2006-08-14T20 500 hPa高度场

(单位: dagpm)

2007年8月8日08时500 hPa,高原东部高压脊较弱,副高明显西伸,588 dagpm线到达110°E附近,华北冷涡进入东北,冷空气有所南压,35°N以北气流变平,台风继续在华南西部西进,贺兰山—西宁—都兰—托托河与平凉—合作—达日—那曲之间形成一槽,槽前合作为 $>12$  m/s偏南风,700 hPa上,平凉—兰州—武都之间有一低涡辐合区,民勤—张掖有312 dagpm反气旋环流,在东移过程中,20时河套顶部形成歪脖子高压脊,低涡、槽在咸阳加深叠加(图2),地面乌鞘

岭—西宁的冷高压东移到陕北南部—关中北部,渭河平原处于高压底部东西向锋线上,在其触发下发生大暴雨。



粗实线为500 hPa槽线;粗虚线为

700 hPa切变线;相交处为700 hPa低环流

图2 2007-08-08T20 500 hPa高度场

(单位: dagpm)

### 2.2 中小尺度系统

2.2.1 中小尺度系统产生征兆因素 2006年8月14日20时从700~300 hPa,兰州—武都与西安—汉中附近之间为一槽或切变线,槽前(切变线前)西安、汉中为偏南风,该槽由低层向高层逐渐后倾、变浅,后部冷空气明显;850 hPa以下,华北冷高压控制秦岭以北,秦岭以南以四川盆地为中心有一低压区,关中盆地处于偏东气流之中。2007年8月8日20时700 hPa,陇南为明显的低涡辐合区,台风外围偏东气流将海上水汽在此汇集,500 hPa该地有一槽,槽前平凉、汉中为 $\geq 12$  m/s偏南急流,槽后为扩散南下的冷空气,地面上冷高压从青海东移。以上分析表明,关中盆地处于副高边缘西南暖湿气流与偏东气流和西路冷空气交汇处,由于关中盆地有明显的东宽西窄喇叭口收缩地形,从以往经验判断,当具备以上条件时在关中中西部极易诱发中小尺度系统产生。

2.2.2 中小尺度系统 对全省自动站定时风场资料连续追踪发现,从2006年8月14日08时开始,在陕北南部、关中东、商洛北部、西安东南部、咸阳东北部形成一个完整的反气旋环流<sup>[1]</sup>,在该反气旋环流南侧秦岭山区、西侧关中西部不断有较小尺度的气旋和切变线生、消;分析还发

现,从14日20时开始,有一明显的气旋环流形成(图3),中心位于岐山、眉县、武功,该环流仅维持2~3h,水平尺度50km左右,是一小尺度系统,在此期间,武功出现了大暴雨天气,环流辐合区附近淳化、杨凌、周至、户县、长安也出现暴雨天气,22时辐合减弱,北段消失,南段退至渭河以南,在洛南—西安—咸阳—武功与蓝田—长安—周至之间形成一切变线。以上分析表明:关中地区的小尺度气旋环流直接导致了武功大暴雨天气发生。

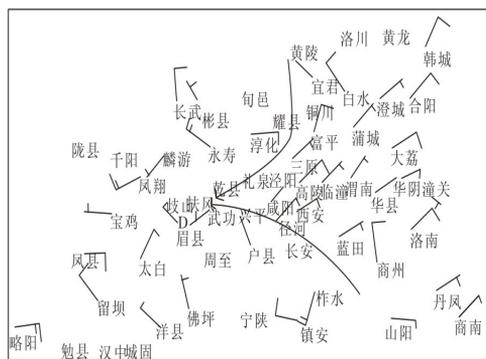


图3 2006-08-14T20 陕西中部自动气象站定时阵风风场

对2007年8月8日自动站定时风场分析,从14时开始关中东部同样形成一强大的反气旋环流,关中西部不断有较小尺度的气旋和切变线生、消;从18时开始千阳、凤翔、岐山有一气旋环流,并与其以东渭河河谷切变线相连;19时该气旋环流增强东移,20时移到麟游、永寿,21时移到乾县、礼泉,22时移到兴平、咸阳(图4),23时移

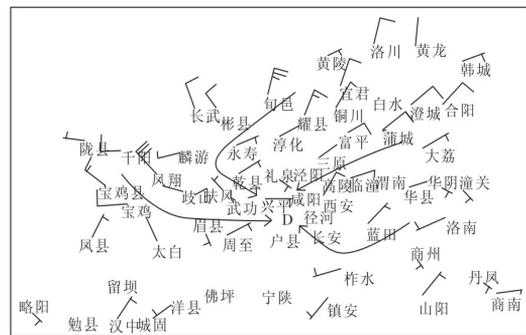


图4 2007-08-08T20 陕西中部自动气象站定时阵风风场

到泾河附近,随后减弱。该环流维持5~6h,在移动过程中不断变化,环流辐合中心附近发生了大暴雨天气。

分析表明,关中西部均存在强大的反气旋环流,关中西部有较小尺度的气旋和切变线频繁生、消(或移动);环流辐合中心附近产生大暴雨天气

### 3 基本物理场对比分析

#### 3.1 假相当位温、水汽条件

3.1.1 假相当位温 从假相当位温分析来看,2006年8月14日08时925~850hPa形成一明显高能脊,以武功、周至、兴平为中心,其中850hPa武功 $\theta_{se}=80.8^{\circ}\text{C}$ , $\theta_{se850}-\theta_{se500}=4.1^{\circ}\text{C}$ ;14日20时高能脊扩展到1000~700hPa,850hPa武功 $\theta_{se}=88.0^{\circ}\text{C}$ , $\theta_{se850}-\theta_{se500}=11.7^{\circ}\text{C}$ ,能量激增,500hPa“中尺度低能鼻”叠置在850hPa高能区之上,形成了强对流不稳定。2007年8月8日08时1000~700hPa、300~100hPa形成两个明显高能脊,其中925hPa礼泉最大, $\theta_{se}=89.7^{\circ}\text{C}$ , $\theta_{se850}-\theta_{se500}=17.3^{\circ}\text{C}$ ,兴平、乾县、咸阳、泾阳、永寿均大于 $83.0^{\circ}\text{C}$ ;8日20时,能量巨增,925hPa礼泉 $\theta_{se}=96.0^{\circ}\text{C}$ , $\theta_{se850}-\theta_{se500}=19.3^{\circ}\text{C}$ ,兴平、乾县、咸阳、泾阳、永寿均大于 $90.0^{\circ}\text{C}$ ,500hPa“中尺度低能鼻”叠置在低层高能区上。“8·8”比“8·14”过程假相当位温高得多,而且能级差更大,能量增加快得多,层结更加不稳定。

3.1.2 水汽条件 2006年8月14日08时1000~700hPa形成水汽通量大值区,700hPa武功水汽通量为 $5.6\text{g}/(\text{hPa}\cdot\text{cm}\cdot\text{s})$ ,14日20时大值区增至1000~400hPa,700hPa武功水汽通量为 $7.2\text{g}/(\text{hPa}\cdot\text{cm}\cdot\text{s})$ 。2007年8月8日08时水汽通量以925~850hPa为中心延伸到200hPa,最大值在925hPa,礼泉、兴平、乾县、咸阳、泾阳、永寿均大于 $4.0\text{g}/(\text{hPa}\cdot\text{cm}\cdot\text{s})$ ,8日20时水汽通量大值区上移,最大值在700hPa,礼泉、兴平、乾县、咸阳、泾阳、永寿均大于 $8.0\text{g}/(\text{hPa}\cdot\text{cm}\cdot\text{s})$ 。

从水汽通量散度场看,2006年8月14日08时1000~850hPa形成水汽通量散度辐合区,其中850hPa武功水汽通量散度为 $-8.9\times 10^{-7}\text{g}/(\text{hPa}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{s})$ ,14日20时水汽通量散度辐合区

扩大到 1 000~700 hPa, 低层水汽通量急剧增加的同时伴随水汽辐合增强。2007 年 8 月 8 日 08 时 925~850 hPa 形成水汽通量散度辐合区, 最大值在 925 hPa, 整体值较小, 8 日 20 时水汽通量散度辐合区上移到 850~400 hPa, 最大值在 700 hPa, 礼泉、兴平、乾县、咸阳、泾阳、永寿均在  $-10.0 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$  左右。“8·8”较“8·14”过程开始水汽条件差、辐合偏弱, 但临降水前, 水汽突增, 辐合加剧。

### 3.2 动力条件

**3.2.1 涡度场** 2006 年 8 月 14 日 08 时对流层低层 850~700 hPa 正涡度发展, 形成了  $5.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  正涡度中心, 对流层高层 500~100 hPa 负涡度强烈发展, 中心在 200 hPa, 为  $-43 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ; 14 日 20 时 700 hPa 涡度为  $8.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 200 hPa 为  $-45.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。对流层高层负涡度抽吸作用明显。高层辐散、低层辐合的形成和发展有利于将低层的能量和水汽源源不断地输送到高层, 有利于强降水发生。2007 年 8 月 8 日 08 时对流层低层仅 700 hPa 存在正涡度, 中心为  $5.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 对流层高层 500~100 hPa 负涡度强大, 200 hPa 有  $-65.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  的负涡度中心; 8 日 20 时 700 hPa 正涡度略有发展, 为  $6.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ , 500~100 hPa 负涡度略减, 200 hPa 为  $-61.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。“8·8”较“8·14”过程对流层高层负涡度抽吸作用更显著, 在对流层低层正涡度辐合相近的情况下, 更有利强降水发生。

**3.2.2 散度场** 散度场上 2006 年 8 月 14 日 08 时 1 000~300 hPa 辐合发展, 在 925 hPa、400 hPa 分别有  $-7.3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  及  $-7.7 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  的辐合中心, 仅在 700 hPa 有  $1.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  较弱辐散; 14 日 20 时对流层低层 700 hPa 辐散区上移, 在 500 hPa 形成  $3.4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  辐散区, 对流层高层辐合区上移至 500~100 hPa, 在 200 hPa 形成  $-4.9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  辐合中心。对流层高、低层主要以辐合作用为主, 仅在对流层中层 700、500 hPa 存在小范围辐散。而 2007 年 8 月 8 日则完全不同, 08 时 925~850 hPa、300~100 hPa 各存在一辐合区, 在 200 hPa 形成了  $-4.2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  辐合中心; 700~400 hPa 存在一辐散区, 在 500 hPa 形

成了  $2.8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  辐散中心, 辐合、辐散均不强; 8 日 20 时, 辐合区上移, 强度明显增强, 对流层中低层成为辐合区, 最大位于 700 hPa, 有  $-10.8 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  辐合中心, 对流层高层成为辐散区, 最大位于 200 hPa, 中心为  $12.6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。

“8·14”过程, 对流层低层正涡度辐合发展高层负涡度强烈发展, 但 500 hPa 附近存在的辐散区, 位置较低, 对流层高层辐合的存在不利于对流层高层持续的辐散抽吸作用, 整层不能形成较强的垂直上升运动, 故本次突发性暴雨发生时间较短。而“8·8”过程正相反, 临近降水前, 低层辐合, 高层辐散强烈发展, 整层形成了较强的垂直上升运动, 因此暴雨得以持续<sup>[2]</sup>。

### 3.3 垂直运动场

2006 年 8 月 14 日 08 时 500~200 hPa 垂直运动发展, 在 300 hPa 形成了  $-6.0 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$  上升运动中心, 临近降水前 14 日 20 时, 垂直运动不明显, 在 700~300 hPa 形成微弱上升运动(图 5)。由于无明显垂直运动配合, 大暴雨很快结束。而 2007 年 8 月 8 日 08 时, 整层为下沉运动, 到了临近降水的 20 时, 垂直运动突然发展, 其中 600 hPa 以下、300 hPa 以上各形成上升运动中心, 850~700 hPa 上升运动最强, 中心最大值  $< -40.0 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$  (图 6), 有明显垂直运动配合<sup>[3]</sup>, 故本次大暴雨维持时间长。

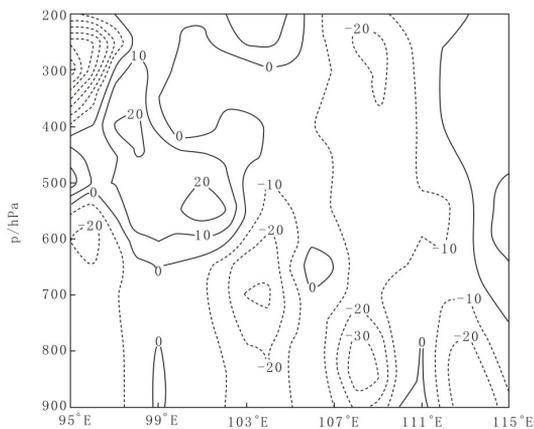


图 5 2006 年 8 月 14 日 20 时沿 34.5°N 垂直速度剖面图  
(单位:  $10^{-3} \text{ hPa/s}$ )

文章编号: 1006-4354 (2010) 02-0013-05

# 延安市冰雹云初始回波识别

雷崇典, 万 星, 刘俊强, 任志虎, 王治亮, 林隆超

(延安市气象局, 陕西延安 716000)

**摘 要:** 通过对延安市 2000—2008 年延安、洛川的 711 数字化雷达、多普勒雷达资料综合分析, 得出降雹单体初始雷达回波特征: 初始回波强中心高度一般在  $0^{\circ}\text{C}$  层附近, 在 PPI 图像上水平增长缓慢, 且强中心位置偏移于回波的某一侧。在 RHI 图像上强中心范围快速上移, 跨越  $0^{\circ}\text{C}$  层高度, 中心强度明显加大。产生降雹的初始雷达回波单体由低到高向其运动方向前沿一方微微倾斜。总结出潜在危险的对流复合系统的早期识别依据。具有降雹潜在危险的对流复合系统的出现, 是产生降雹单体初始回波必备的环境场条件。

**关键词:** 冰雹云; 雷达回波特征; 降雹单体; 早期识别

**中图分类号:** P458.121.2

**文献标识码:** A

延安市位于陕西省北部, 属于黄河中下游地区, 地处  $35.6^{\circ}\text{N} \sim 37.18^{\circ}\text{N}$  和  $108.17^{\circ}\text{E} \sim$

$110.18^{\circ}\text{E}$  之间, 总面积为  $37\,028.66\text{ km}^2$ 。以黄土高原、丘陵为主, 西北高、东南低、平均海拔高

**收稿日期:** 2009-09-02

**作者简介:** 雷崇典 (1964—), 男, 陕西合阳人, 高工, 从事人工影响天气、强对流天气研究。

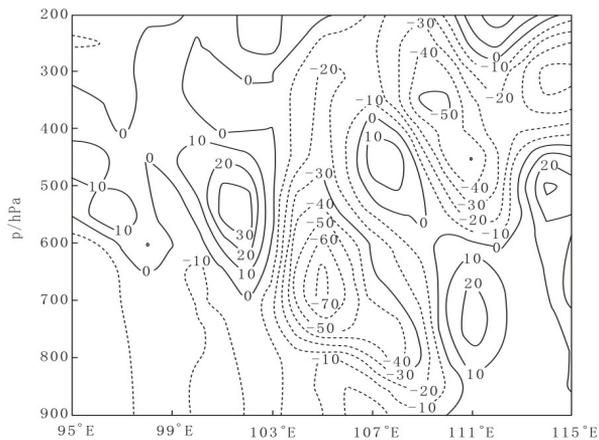


图 6 2007 年 8 月 8 日 20 时沿  $35^{\circ}\text{N}$  垂直速度剖面图  
(单位:  $10^{-3}\text{ hPa/s}$ )

## 4 结论

4.1 两次大暴雨天气共同特征是大范围冷空气活动、带状高压带中高压之间的互动, 提供了大暴雨发生的环境背景条件; 高空冷空气、两高之间的上升运动、切变辐合区汇合、叠加为中小尺

度系统的生成和发展提供了有利条件; 大暴雨产生在深厚的水汽层结、水汽辐合及强烈的对流不稳定区; 在高层辐散、低层辐合的形成区, 对流发展, 小尺度辐合区形成与大暴雨过程同步, 辐合中心附近出现大暴雨, 是造成大暴雨的直接影响系统。

4.2 两次大暴雨天气不同点是在对流发展过程中, 中小尺度人字形切变线差异决定大暴雨落区; 能级差大小、水汽增长 (辐合) 快慢、高层抽吸作用强弱决定大暴雨强度; 涡度场和散度场的有效配置, 整层是否形成较强的持续垂直上升运动, 决定大暴雨发生的持续时间。

## 参考文献:

- [1] 李祥林. 2006-06-03 突发性暴雨预报讨论及成因 [J]. 陕西气象, 2008 (2): 36.
- [2] 杜继稳. 青藏高原东北侧突发性暴雨分析研究与应用 [M]. 北京: 气象出版社, 2005: 109.
- [3] 杜继稳, 侯明全, 梁生俊, 等. 陕西省短期天气预报技术手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 162.