

文章编号: 1006-4354 (2005) 02-0008-04

咸阳市一次强对流暴雨天气分析

段昌辉, 吴宇华

(咸阳市气象局, 陕西咸阳 712000)

摘要:通过对 2004-08-10 咸阳地区强对流暴雨天气产生的大尺度形势场、能量场、卫星云图以及多普勒天气雷达产品等分析, 表明: 这次强对流暴雨发生在副高摆动西伸北抬、中高纬度低槽东移南压的大尺度背景下, 暴雨发生前期对流层中下层呈强烈的对流不稳定, 地面冷锋抬升是触发不稳定能量释放的主要因素。多普勒雷达观测表明强暴雨中心回波强度均在 50 dBz 以上, 云顶高度均在 10 km 左右。其中 06—07 时南部乾县、武功的暴雨是由典型的 β 中尺度系统直接影响造成的, 此 β 中尺度对流云团内部存在明显的中尺度气流辐合。强回波出现时 1 h 积累降水量图显示的数值与实测降水量相吻合。

关键词: 强对流; 暴雨; 多普勒雷达; 分析

中图分类号: P458.121.1

文献标识码: B

1 前期气候背景和雨情

2004 年 7 月咸阳市大部分县区降水均较常年偏少二到七成, 市区降水仅为 20 mm, 尤其是上旬平均气温较历年同期偏高 3℃, 中、下旬伏旱较为严重。8 月上旬前期, 气温持续上升, 大部分县区气温偏高, 使人感到闷热不适。8 月 10 日从 01 时开始, 咸阳市自北向南出现一次强雷雨天气, 降水量分布极不均匀, 大部分县区以小到中雨为主, 其中长武、武功、乾县出现短时暴雨。9 日 08—10 日 08 时长武县降水量为 58.3 mm, 主要集中在 02—03 时, 1 h 降水量 31.5 mm; 武功降水量为 54.2 mm, 1 h 降水 47.4 mm; 乾县降水量 54.0 mm, 1 h 降水量 36.7 mm, 降水主要集中在 06—07 时。据初步统计, 这次暴雨天气过程造

成咸阳 7 个县 42 个乡镇受灾, 受灾人口约 5 万人, 农作物受灾面积 1 万 km²。

2 高空天气形势场分析

副热带高压外围的暖湿西南气流向北部输送动量、热量和水汽, 遇有冷空气、切变线等辐合抬升, 就容易产生强对流性天气过程。8 月 7—9 日, 副高呈东西带状, 西脊点维持在 110°E 附近, 但南北摆动较大, 7 日 08 时 588 dagpm 线扩展到 35°N 左右, 8 日 08 时收缩至 32°N 以南, 9 日 08 时副高突然明显西伸北抬 (图 1), 西脊点 108°E, 588 dagpm 线北抬至 36°N 左右, 呈经向型分布, 陕西汉中、安康东南部处于副高外围西南气流中, 到 9 日 20 时副高继续西伸, 西脊点在 105°E 左右, 陕南东部为副高控制, 陕南西部至关中中部

收稿日期: 2004-10-08

作者简介: 段昌辉 (1968-), 男, 陕西武功人, 学士, 天气预报高工, 从事天气预报方法研究。

合、高层辐散垂直结构的形成, 有利于上升运动的产生和维持, 也是大范围强降水产生的关键。

4.4 暴雨区与 Q 矢量辐合区相对应, 处在负散度区, 至于暴雨落区与 500 hPa Q 矢量散度的关系, 以及最大暴雨中心是否与 Q 矢量负值强中心相匹配, 有待于深入研究。

参考文献:

- [1] 孟妙志. K 指数在暴雨分析预报中的应用 [J]. 气象, 2003, 29 (8): 2-3.
- [2] 周丽峰. Q 矢量理论在暴雨分析中的应用介绍 [J]. 陕西气象, 2003, (5): 12-14.
- [3] 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.

为副高外围西南气流控制,此形势场有利于暖湿气流向关中中部输送。另外,9日08时500 hPa图上中高纬度地区,新疆至贝加尔湖为一宽广槽区,青藏高原上格尔木附近有南北向的风场切变,低槽底部形成的槽区与高原切变叠加,在甘肃西北部至高原南部形成暖湿低槽切变线(图1粗实线所示),副高西侧的西南气流明显,西南风持续在16 m/s以上, $t-t_d < 4^\circ\text{C}$ 线区域为一西北东南向水汽输送带,水汽条件相对充沛。对应同时次700 hPa天气图上,青藏高原东部有低涡存在,在甘肃东南的榆中—平凉之间有南北向的切变线,沿切变线暖区一侧,从四川盆地经陕南到关中为一致的西南气流。850 hPa温度场上,青海东部的冷槽明显有冷空气扩散至关中一带,进入低层辐合区。9日20时副高继续西伸,陕西南部一带处于副高控制之中,低层关中西部有冷空气的补充。受冷空气的触发,10日凌晨01时开始,咸阳市出现强对流雷阵雨天气。

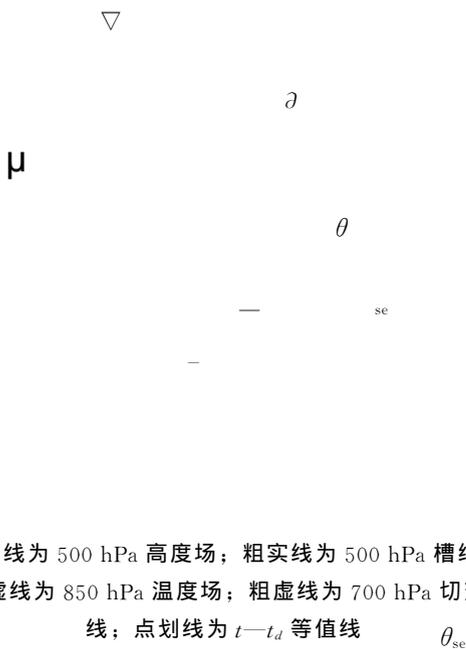


图1 2004-08-09-08 高空形势场综合图

3 地面形势与能量锋区的配合

8月9日14时地面图上(图2)冷锋位于宁夏—甘南—青海东南一带,沿 100°E 附近形成4个小高压单体,锋后冷高中心位于高原上酒泉至

细实线为等压线;加黑标值为24 h变温

图2 2004-08-09-14 地面形势场

张掖一带,3 h变压较大值为1.4 hPa,同时24 h变温为大片负值区,最大值为 -14°C ,沿银川至阿坝到那曲一线,形成“J”形冷锋辐合区。9日20时地面图上(略),冷锋后3 h变压为大片正值区域,最大值为2.6 hPa,锋前辐合中心进入陕西,地面冷空气已开始大举南下,咸阳市降水自北向南逐渐开始,连续分析本地小尺度风场发现,切变辐合持续至10日05时。

9日08时700 hPa和850 hPa θ_{se} 分布图(图略)上,都有一条由四川盆地经陕南指向关中和陕北的高能舌,高能轴线横穿陕西南北,咸阳范围内700 hPa和850 hPa θ_{se} 分别大于 72°C 和 80°C ,表明在低层能量的积聚很高。20时,由于副高进一步西伸,咸阳上空中低层能量进一步增大,700 hPa和850 hPa θ_{se} 分别大于 76°C 和 84°C ,而周围的延安和西安沙氏指数分别为 -3.3°C 、 -4.3°C , $\theta_{se(500-850)}$ 均小于 -10°C 。据统计经验得知, $SI < -2^\circ\text{C}$, $\theta_{se(500-850)} < -10^\circ\text{C}$ 均表明对流层中下层大气层结极不稳定。20时以后在地面上河套北部有冷空气南压,入侵本地附近的高能不稳定区域,触发不稳定能量释放,强对流天气开始出现。

4 卫星云图

利用我国风云-2B卫星提供的红外云图产品分析发现:9日18时大尺度云系走向与地面切变相一致,但云系的色调明暗呈现不均匀性,云系后边界光滑,冷空气移动较强,前边界呈大齿

状,说明前沿云系中有冷暖空气的交汇,多易产生不稳定性对流天气。9日19时主锋云系在河套弯处有明显的中小尺度云系发展增亮,亮温在 -46°C 左右,形状为椭圆形。随着时间的推移,10日03时在 35°N 、 110°E 附近有东北西南方向的4块大小不一、呈线状排列的强对流单体云系,在咸阳附近存在明显的 α 中尺度对流云团(图3箭头所指),南北尺度250 km左右,云顶温度 -43°C ,向东南方向的移动。10日05时左右强云系影响咸阳市区一带,08时图上发展有园形区域的中尺度暴雨云团,亮温稳定在 -40°C 左右,对应这一时段出现局地强降水,其后云团随主体云系东移,影响渭南的富平、白水、合阳三县出现大到暴雨。

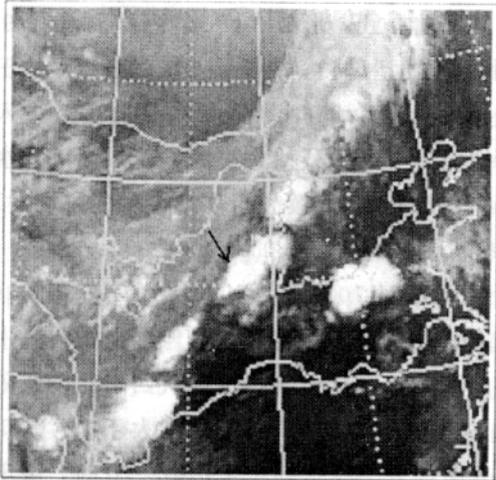


图3 2004-08-10-03 FY-2B 卫星云图

5 多普勒雷达回波分析

地面降水资料分析表明,这次强对流暴雨天气过程主要集中在两个时段:咸阳市北部长武县强降水出现在8月10日的凌晨03时左右,南部的乾县、武功县出现在06—07时。

分析西安多普勒雷达03:14:06组合反射率因子图上,在宝鸡市西北、咸阳市北部到延安南部有一东北西南向的带状回波,存在多个强回波中心,长武一带的带状区域回波强度在40 dBz以上,最强回波在50 dBz左右,同一时段回波顶高图上显示,回波顶高在11 km左右。不同仰角(1.5° , 2.4° , 3.4°)基本反射率因子图上,长武境

内对流的回波强度较强,垂直方向伸展较高。03:08:08的速度图上,相应位置径向速度在 -5 m/s 以下的负值区,一致向东南方向移动,无明显的辐合区,表明此云带生命史不会太长,连续观察后可看出,此宽带区域持续到04:34,从 0.5° 仰角的基本反射率图上可看出带状回波减弱断裂成3个块状区域,北段向北移动,中间原地减弱消失,南段向南移动进入咸阳南部,向北移动的云系造成8月10日铜川耀州区出现大到暴雨天气过程,09—10时1 h降水量达27 mm,降水总量(8:54—13:27)达41.5 mm,;中间的长武一带对流的回波减弱消失,降水也减小结束;南块云系向南移动与咸阳南部的对流的云系合并不断加强发展,在06—07时造成乾县、武功县的强短时暴雨天气过程。分析03:14:16的1 h累积降水图,发现长武县区域强中心1 h降水达31.75 mm,实况对应长武02—03时之间1 h降水为31.5 mm,非常吻合。

06:00:48的径向速度图上(图4),乾县、武功一带为成片的负径向速度值,沿径向向东移动,中心值在 10 m/s 以上,咸阳市区附近为正径向速度中心区,相对比较零散,中心值在 5 m/s 以上,沿径向向西移动,速度0线(图4中标示的方框位置)位于咸阳市到武功县之间,呈南北向与雷达径向垂直,存在着明显的中尺度辐合^[1],且速度0线两侧,正、负速度大小、面积不对称,向东的径向速度明显大于向西的径向速度,这使得

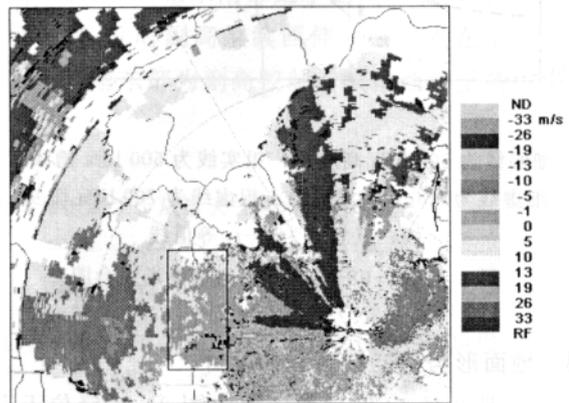


图4 2004-08-10-06:00:48 西安多普勒雷达基本速度图(仰角 0.5° ,距离每圈50 km)

乾县、武功之间的气流辐合上升不断加强,同时在缓慢向东移。

与径向速度图相对应,在同时刻 1.5° 仰角基本反射率因子图上,距离西安雷达站 75 km 左右,方位角 $240^\circ\sim 300^\circ$ 之间的乾县、武功存在一 β 中尺度的对流云团,南北尺度约 50 km,东西尺度 25 km,强中心处于 45 dBz 以上区域,此中尺度对流云团是由原 02—03 时北部的东北—西南向的对流云带的南段南移减弱后,于凌晨 05 时左右与岐山和乾县西部的两块对流云团合并再次发展而形成的,连续观测发现乾县、武功县暴雨云团一直维持,大部分地区回波强度 45 dBz 以上,局部达到 60 dBz。同时次基本速度图显示,中尺度辐合区一直存在。06:31:33 3.4° 仰角基本反射率因子图上(图 5)乾县、武功县附近的 β 中尺度

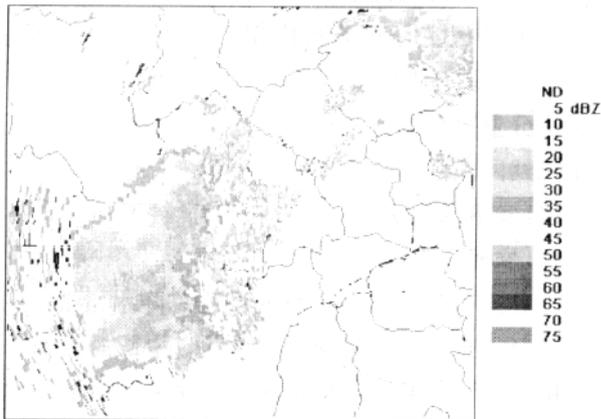


图 5 2004-08-10-06:31:33 西安多普勒雷达基本反射率图(仰角 3.4° , 距离每圈 50 km)

的对流云系在高层也明显存在,强中心仍在 50 dBz 以上。07:30 左右, β 中尺度暴雨云团向东移动,离开乾县、武功,影响咸阳市区,市区降水开始。1 h 降水累积图(07:27:14)显示,强降水中心值在武功、乾县一带,强中心最大值为 44.45 mm,而乾县 06:20—07:20 实测降水量为 45.3 mm,与实测值基本一致。到 08:04:39, 0.5° 径向速度图上,零速度线形状呈向右的“弓”型,

左侧入流区域小于出流速度,反映咸阳市周围低层辐散加强,降水强度会逐渐减弱。8月10日。9时咸阳市区为多云间晴天气,此次强对流天气结束。

6 总结

6.1 此次强对流短时暴雨天气过程发生在副高摆动西伸北抬、中高纬低槽东移南压的大尺度背景中,暴雨出现区域的对流层中下层呈强烈的能量不稳定,地面冷锋抬升是触发不稳定能量的主要因素,大尺度天气系统的协同作用为此次暴雨的发生提供了有利的背景场。

6.2 中尺度对流系统(MCS)的发展、演变决定暴雨持续的时间、强度和落区,应用卫星云图资料,根据云团形状、云顶亮温可以及时识别形成暴雨的 α 中尺度系统。利用多普勒雷达的基本反射率因子、径向速度图可以识别暴雨的直接影响系统 β 中尺度系统,同时可以清晰地显示云团内部的气流结构和演变特征,加深对暴雨天气过程形成机理的认识。

6.3 2004-08-10 出现在咸阳地区的强对流大—暴雨天气过程,空间上分南北两部分,时间上分为两个时次,多普勒雷达观测表明强暴雨中心回波强度均在 50 dBz 以上,云顶高度均在 10 km 以上。其中 06—07 时南部乾县、武功的暴雨是由典型的 β 中尺度系统直接影响造成的,此 β 中尺度对流云团内部存在明显的中尺度气流辐合。强回波出现时 1 h 积累降水量图显示的数值与实测降水量非常接近。综合分析多普勒雷达观测提供的基本反射率、基本速度、云顶高度、1 h 降水量图等产品,可进一步提高强对流暴雨的短时预报准确率。

参考文献:

- [1] 张培昌,杜秉玉,戴铁丕. 雷达气象学. 北京,气象出版社,1988: 298-302.