

牛乐田, 王英, 李春娥, 等. 关中地区一次突发性暴雨天气成因分析 [J]. 陕西气象, 2016 (4): 13-17.

文章编号: 1006-4354 (2016) 04-0013-05

关中地区一次突发性暴雨天气成因分析

牛乐田, 王英, 李春娥, 刘帆, 谢逸雯

(咸阳市气象局, 陕西咸阳 712000)

摘要: 利用常规气象观测资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 分析资料, 对 2014 年 8 月 12 日出现在陕西关中地区的一次突发性暴雨天气进行分析。结果表明: 暴雨前期对流层中低层无明显低值系统, 暴雨前期及后期能量场和水汽条件变化较小, 高空西风急流触发了此次局地突发性暴雨, 高空急流轴右后侧强辐散有利于形成强的上升速度, 为暴雨生成提供有利的动力条件, 700 hPa 干冷空气侵入与暖湿气流的叠加使锋区得到加强, 有利于强降水的维持。

关键词: 突发性暴雨; 高空急流; 短波槽; 地面冷锋

中图分类号: P458.121

文献标识码: A

气象上将 24 h 内降雨量为 50 mm 或以上的雨, 称之为暴雨。按照发生和影响范围的大小将暴雨划分为区域性暴雨和局地突发性暴雨, 后者在发生前往往环流特征并不明显, 暴雨产生了或即将发生时降水形势才明显地显现出来, 表现为“突发性”。侯建忠等^[1]对发生在青藏高原东北侧的突发性暴雨进行了定义: (1) 中心降雨强度 ≥ 30 mm/6 h, 且 ≥ 50 mm/12 h; (2) 降暴雨站数 ≥ 3 站且连片 (现有国家气象观测站); (3) 暴雨发生前 12 h, 在 $95^\circ\text{E} \sim 110^\circ\text{E}$, $27.5^\circ\text{N} \sim 42.5^\circ\text{N}$ 范围内, 500 hPa 无明显低值系统。此类暴雨历时短、雨强大、局地性强, 加之发生前征兆不明显, 预报难度大, 一旦发生, 往往引发山洪、滑坡、塌方、泥石流等地质灾害, 给社会发展带来较大的危害。

2014 年 8 月 12—13 日, 陕西自西向东出现了一次大范围强降水过程。关中的礼泉、兴平、户县、蓝田和陕南的洛南 5 县出现暴雨, 最大降雨量在礼泉为 71.1 mm。全省 15 个乡镇出现暴雨, 均位于关中地区, 降雨量最大在兴平南市为 96.1 mm。主要降水时段集中在 12 日 08—12

时。由于影响系统空间尺度小、生命史短, 本文在应用常规气象观测资料的基础上, 利用 NCEP $1^\circ \times 1^\circ 6$ h 分析资料和雷达资料对此次过程进行综合分析, 总结并积累预报经验。

1 环流形势及影响系统

2014-08-11T20 (暴雨前期), 200 hPa 天气图上中纬度地区环流为纬向西风环流, 40°N 附近有东西向大于 36 m/s 西风急流存在, 其在当日 08 时已经存在 (图略), 宁夏—陕西北部—山西中北部有大于 50 m/s 急流轴, 同时次 500 hPa 天气图上陕西—甘肃东部—高原地区处于西西北气流中, 青海西宁与甘肃榆中、崆峒之间有弱风速辐合 (风速由 14 m/s 减小到 8 m/s)。850 hPa 和 700 hPa 天气图上陕西中南部地区处于一致的东北气流之中。强降水前期, 尽管 40°N 附近对流层高层存在高空急流 (陕西气象工作者认为, 高空急流的形成、发展以及其位置对暴雨的强度、落区有关键作用, 一般认为急流位于 40°N 附近时, 暴雨会出现在关中地区^[2]), 但由于中低层没有明显低值系统配合, 形成陕西强降水的影响系统特征并不明显, 此种形势场很

收稿日期: 2015-12-20

作者简介: 牛乐田 (1980—), 男, 汉族, 陕西户县人, 学士, 工程师, 从事短期天气预报研究。

基金项目: 咸阳市乡镇预报服务系统 (2014Y-15)

难预报出 24 h 内将会出现大降水。

12 日 08 时, 200 hPa 天气图上上述西风急流略有南压, 主要位于陕西北部及山西北部, 急流轴仍呈东西向, 但强度增强, 其入口区右侧大于 40 m/s 风速区范围增大, 陕西关中地区位于高空急流轴入口区右侧。500 hPa 天气图上西安—平凉—武都有短波槽存在 (图 1 中粗虚线), 槽线呈东北—西南走向, 南北跨越 5 个纬距, 陕西中南部处于槽前西南气流中。700 hPa 天气图上在甘肃平凉、武都与陕西延安、西安之间有南北向切变线生成, 平凉和武都两站西北风由 11 日 08 时的 6 m/s 增加至 12 m/s, 四川东北部与陕西南部有低涡辐合存在, 从东海经江苏—安徽—河南到陕西南部有大于 12 m/s 的偏东风出现, 偏东风将东海水汽输送至陕南南部地区, 关

中地区处在水汽通道的北缘。850 hPa 在平凉与延安、西安之间有中尺度辐合。

地面图上, 暴雨前期, 河西—新疆有一冷高压, 冷高压中心位于新疆北部与贝湖之间, 西南地区—四川东北部有热低压存在, 陕西西南部处于冷暖空气交汇区。8 月 12 日 08 时, 地面冷空气向东南方向扩散, 甘肃东南部—陕西中北部—山西中部有地面冷锋存在, 冷锋后部冷空气迅速扩散南下, 冷暖空气在暴雨区激烈交汇。

可以看出, 高原中部生成的短波槽快速东移引导冷空气东移南下与出现在四川—陕西南部的偏东暖湿气流交汇。由于暴雨发生地区前 12 h 中低层没有出现有利于大降水产生的环流形势, 容易导致短期预报的漏报。

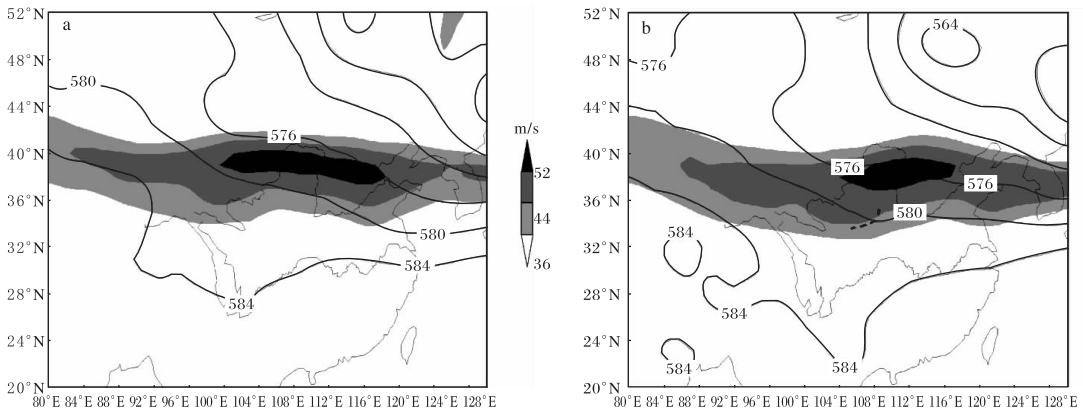


图 1 2014 年 8 月 500 hPa 形势场 (a 11 日 20 时, b 12 日 08 时; 粗虚线为槽线, 阴影区为 200 hPa 风速超过 36 m/s 高空急流带)

2 高空急流特征

谢静芳等^[3]研究高空急流对强对流局地暴雨的触发作用时, 分析了热能量方程导出的 ω 方程, 由于高空急流右后侧是反气旋性涡旋区, 随着高空急流的加强, 急流右后侧高空反气旋性涡旋明显加大, 而低层涡度变化不明显, 从而该区域涡度平流垂直差异项有利于上升运动。此次过程中 11 日 20 时—12 日 08 时高空急流风速稳定且逐渐增强, 其右后方的辐散也逐渐加强, 由 ω 方程分析发现其有利于中下层对流运动的产生及维持; 此次过程前和过程后, 高空急流轴呈平直状, 其左侧为西风带系统, 伴有较强冷空气, 右

侧为高压系统有暖平流输送, 因此高空急流右侧温度平流的作用是有利于上升运动。

由以上高空急流特征实例结合 ω 方程分析可以得出, 此次高空急流轴的演变特征有利于垂直方向上升运动的发生、发展, 暴雨出现前高空急流强度及位置少变, 由于高空急流对局地暴雨具有触发作用, 因此在日常业务中对于较长时间维持的高空急流应加以关注, 尤其是急流轴位置及强度的变化应重点关注。

3 物理量诊断分析

3.1 能量

从 θ_{se} 场的时间和空间变化图上 (图略) 可

以看出, 8月11日20时, 850 hPa 西南地区—四川西部有 θ_{se} 大值区, 中心值接近 90°C , 陕西西南部 θ_{se} 值约为 60°C , 并随高度略有增高。12日08时, 强降水发生前, 西南地区—四川西部 θ_{se} 大值区中心仍然存在, 陕西西南部 θ_{se} 值变化不大, 为 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$ 。500 hPa 上, θ_{se} 值为 $60\sim 65^{\circ}\text{C}$, $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 接近于 0°C 。 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 负值愈大, 位势不稳定性越强^[4], 但此次突发性暴雨发生前或即将发生时, 暴雨区上空位势不稳定性较弱, 大气基本处于稳定状态, 暴雨开始直至结束, 暴雨区始终处在比较稳定的层结中, 能量场的这种分布和变化, 与通常陕西盛夏暴雨能量场的强烈不稳定特征有明显的差异。究其原因, 此次突发性暴雨发生期间的环流形势具有西北气流型特征, 暴雨即将发生时700 hPa 暴雨区上游西北风发生明显跃增, 850 hPa 有偏东暖湿气流输送至关中南部长及陕南地区, 突然跃增的西北风

带来冷空气叠加至低层暖湿辐合之上, 引起垂直方向上的温度差动平流加大, 成为此次突发暴雨的主要成因。

3.2 水汽

3.2.1 比湿 850 hPa 比湿场上, 11日20时, 云贵高原—四川盆地存在 $12\sim 16\text{ g/kg}$ 的大值中心, 陕西中南部处于 10 g/kg 区域 (图略), 陕北与河套地区之间为比湿低值区, 12日08时 (图2), 陕西中南部仍处于 10 g/kg 区域。暴雨是在大气饱和比湿达到相当大的数值才能形成, 如果降水区整层饱和, 垂直递减率等于绝热递减率时, 700 hPa 比湿 $\geq 10\text{ g/kg}$, 850 hPa 附近比湿 $\geq 14\text{ g/kg}$ ^[5], 由此可见, 此次突发暴雨发生之前或即将发生之时比湿条件较差。同时, 850 hPa 和 700 hPa 关中地区 $t-t_d$ 均大于 4°C , 不利的湿度条件往往令预报员忽视产生强降水的可能。

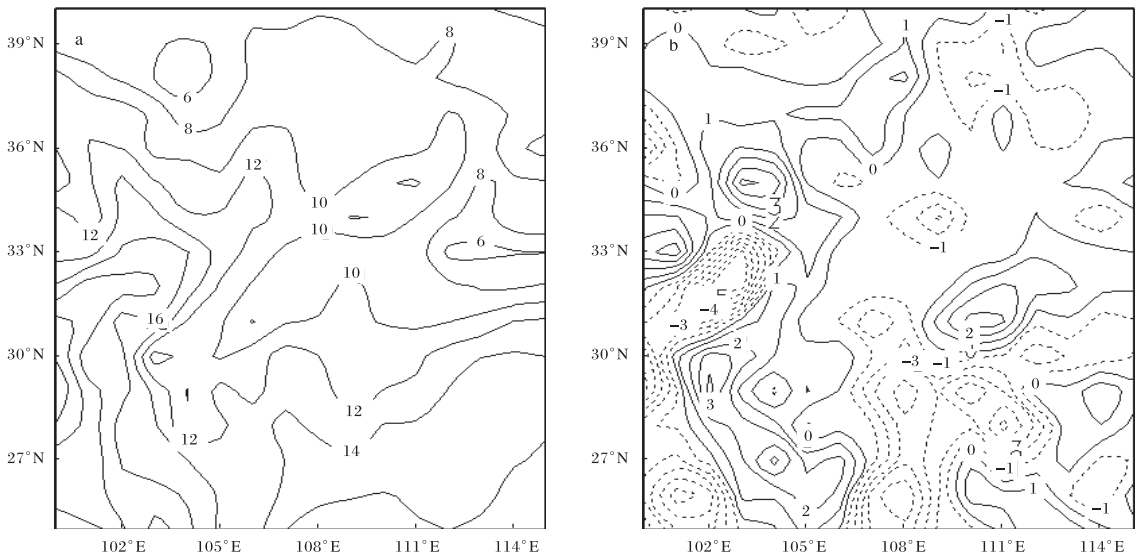


图2 2014-08-12T08 850 hPa 比湿 (a 单位为 g/kg) 和水汽通量散度 (b 单位为 $10^{-7}\text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

3.2.2 水汽通量散度 850 hPa 水汽通量散度图上, 11日20时, 从西南地区—四川北部有大片水汽通量散度辐合区, 辐合中心值为 $-4 \times 10^{-7}\text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 陕西中南部处于水汽通量辐散区中, 辐散大值中心位于 33°N 、 108°E 附近, 正好为陕西关中西部地区, 陕北到河套地区有弱辐合区。12日08时 (图2b), 陕西中南部的水汽通量辐散区转为弱的水汽通量辐合, 由

东至西存在水汽输送通道, 有明显的水汽通量辐散位于关中东部长及陕南东部地区, 其大值中心值为 $2 \times 10^{-7}\text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$, 这与 850 hPa 偏东风水汽输送相对应。12日14时, 强降水结束后, 位于关中东部长及陕南东部的的水汽辐散大值区, 相比暴雨开始之前已明显改为向西南方向发展移动。

可见, 此次突发性暴雨发生前, 有利的水汽

输送及水汽含量位于陕西南部地区, 陕西关中地区水汽含量与水汽输送均较弱, 强降水开始后, 850 hPa 位于关中东部及陕南东部地区的偏东气流向西南方向移动, 暖湿气流与西北方向南下的干冷空气交汇, 促使地面锋区加强, 有利于强降水维持。

4 动力条件分析

4.1 涡度、散度

11日20时, 沿34.5°N的涡度垂直剖面图表明(图略), 在108°E附近850 hPa以下有 $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的正涡度区, 850 hPa以上有大片负涡度区。随着高原短波槽携带冷空气东移的影响, 低层正涡度区有所增加。12日08时, 强降水即将开始时, 108°E附近低层的正涡度区增加至 $4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 对流层中上层仍为大片负涡度区。

从散度场来看, 11日20时, 陕西到河西地区在垂直方向上没有明显的辐合、辐散区存在, 散度值为 $(0 \sim 2) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。12日08时(图3a), 强降水区所对应的区域, 300 hPa层上102°E~108°E范围内有较强辐散区存在, 中心值大于 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, 其对流层中下层散度场没

有变化, 300 hPa上甘肃南部—陕西西部有一条中心值大于 $10 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的强辐散区。西风急流的强风速带为突发暴雨提供高层抽吸作用, 能促使垂直环流发展, 使暴雨加强并持续, 这与侯建忠等^[1]研究的陕西突发性暴雨中300 hPa急流作用相一致。

4.2 垂直速度场

沿34.5°N垂直速度场剖面图上, 11日20时, 关中西部地区有弱的上升气流, 其大值中心位于600 hPa以下, 约为 $-4 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ 。12日08时108°E附近(图3b), 上升运动迅速增加至 $-8 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$, 且伸至300 hPa, 迅速增大的上升运动将低层的水汽源源不断的输送到高层, 导致湿层加厚, 形成有利于暴雨产生和维持的动力条件。14时上升运动又迅速减弱至 $-3 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ 以下。

此次突发性暴雨发生前及发生后在垂直方向上没有出现明显的低层辐合、高层辐散的结构, 但对流层高层强辐散区一直存在; 垂直速度场上, 强降水前期12 h上升运动较弱, 强降水即将开始时候, 上升运动迅速增强。

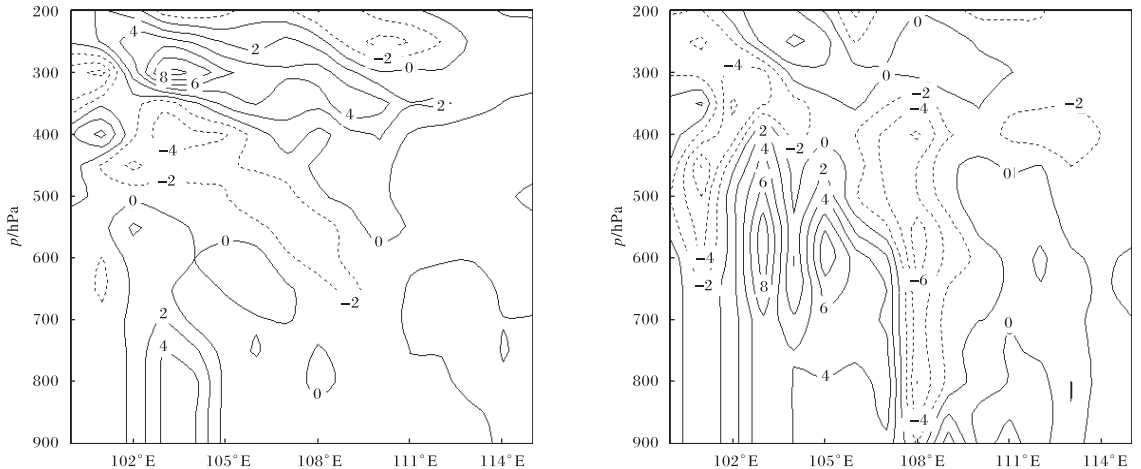


图3 2014-08-12T08沿34.5°E散度(a单位为 10^{-5} s^{-1})和垂直速度(b单位为 10^{-3} hPa/s)空间剖面图

5 雷达资料分析

分析西安多普勒雷达资料可以发现, 此次突发性暴雨过程中存在中小尺度系统的发生、发展。12日08时反射率因子图上, 关中西部北部被片状回波覆盖, 回波强度约为30~40 dBz, 淳化、富平有小范围40~45 dBz的强

回波中心。08:50, 关中的户县、礼泉、兴平出现超过45 dBz的回波单体, 呈线状分布, 而后强回波单体逐渐合并。10:04(图4a), 关中西部户县、兴平、礼泉出现成片超过55 dBz的强回波, 随着上述强回波缓慢减弱并向东南方向移动, 12时强降水移出关中西部。与之对

应, 关中西部强降水逐渐减弱。由径向速度图可以清楚看到, 此次暴雨发生前后存在明显的中尺度辐合演变特征。08: 36 (降水开始时, 图略), 暴雨区西北部有一致的西北风, 蓝田—西安—咸阳之间有偏东风发展, 东西风在

礼泉、兴平、户县之间形成辐合, 随后, 西北风逐渐向南推进。10: 33 (图 4b), 户县、兴平、礼泉之间中尺度辐合达到最强。辐合区一直维持至 12: 30, 之后关中西部均处于偏北风之中。

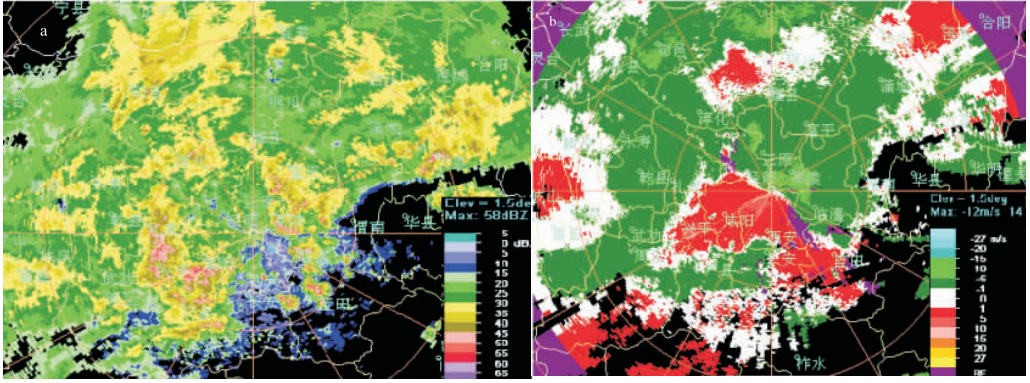


图 4 2014-08-12 西安多普勒雷达图 (a 10: 04 基本反射率因子; b 10: 33 径向速度)

综上所述, 利用雷达资料可以很好的揭示此次突发性暴雨中小尺度系统演变情况, 强回波存在的时间与强降水对应很好, 雷达径向速度图上暴雨区上游出现一致的西北风与东南风在暴雨区形成明显辐合, 很好的佐证了冷暖空气在暴雨区激烈交汇。

6 结论

(1) 此次突发性暴雨 12 h 之前, 位于高原中东部地区的弱风速辐合, 在快速东移至暴雨区时加强形成短波槽, 为暴雨产生提供有利的环流背景, 业务中应重点关注高原地区出现的弱风速切变。

(2) 此次突发性暴雨的能量场及水汽条件变化较小, 但高空急流较长时间维持, 急流轴的突然变化应重点关注, 急流右后侧的强辐散促使上升运动加强, 形成有利于暴雨产生的动力机制。

(3) 此次突发性暴雨即将开始之时, 700 hPa 突然增大的西北风携带干冷空气与 850 hPa 暖湿气流叠加, 使低层锋区得到加强, 从而保证了降水的维持和加强。

(4) 雷达产品对中小尺度系统发生、发展特征有很好的反映, 突发性暴雨预报中应重点应用其分析暴雨落区及范围。

参考文献:

- [1] 侯建忠. 青藏高原东北侧突发暴雨的环流及动力特征分析 [C] // 杜继稳, 张弘, 梁生俊, 等. 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: 147-148.
- [2] 杜继稳, 侯明会, 梁生俊. 陕西省短期天气预报技术手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 49-50.
- [3] 谢静芳, 倪慧. 高空急流对强对流局地暴雨的触发作用分析 [J]. 吉林气象, 1995 (3).
- [4] 孙伟. 一次突发性暴雨的诊断分析 [C] // 杜继稳, 张弘, 梁生俊, 等. 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: 180-184.
- [5] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法 [M]. 2 版. 北京: 气象出版社, 2000: 321-322.