

文章编号: 1006-4354 (2007) 01-0001-04

“6·29” 西安突发性特大短时暴雨过程分析

刘 勇¹, 薛春芳²

(1. 陕西省气象台, 西安 710014; 2. 西安市气象局, 西安 710016)

摘 要: 利用天气图、物理量、卫星云图和雷达回波资料, 对 2004 年 6 月 29—30 日发生在西安市的特大暴雨过程综合分析。结果表明: 特大暴雨发生在冷锋云系前部, 500 hPa 槽前的弱冷空气触发对流产生; 远距离台风为特大暴雨提供了充沛的水汽和能量; 特大暴雨分别发生在一次强对流和一次弱对流环境中, 在卫星云图上表现为一中-β 尺度对流云团和一片低云; 强对流云体高度为 15 km, 弱对流云体高度为 9 km。

关键词: 特大暴雨; 弱冷空气; 台风; 强对流; 弱对流

中图分类号: P458.1211 **文献标识码:** A

如何准确预报城市突发性短时特大暴雨, 目前成为减灾防灾的一个重要内容。有时局地暴雨发生前的征兆不明显, 加之这类暴雨具有突发性、局地性强, 降水强度大等特点^[1-3], 给短时预报带来一定的困难。2004 年 6 月 29—30 日西安市自南向北遭受了突发性短时特大暴雨袭击, 29 日 15: 30—20: 00 强降雨主要集中在西安南部的周至、户县、长安、蓝田一带, 其中周至县九峰乡降雨量为 197.2 mm, 长安区韦曲镇降雨 122.7 mm, 户县涝峪水文站降雨量达 56 mm, 蓝田普化降雨量 48 mm, 西安雁塔区降雨 31.5 mm。29 日 21: 00—30 日 08: 00 西安城区再次突降暴雨, 11 h 城区 (边家村站) 最大降雨量达 104 mm。强降雨造成城区 21 处路段积水, 最深达 1.5 m, 其中积水在 30 cm 以上的积水点有 13 处。这次过程造成 3 人死亡, 城区交通瘫痪, 是西安市几十年来一次罕见的特大暴雨过程。

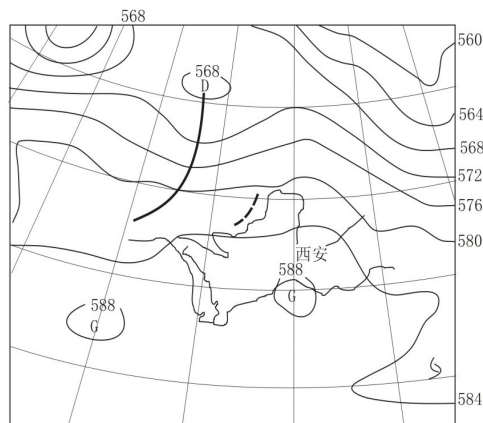
这次过程的前期 (29 日 15: 30—20: 00), 强降雨特征在卫星云图上表现为一中-β 尺度对流云团, 后期 (29 日 21: 00 以后) 只是表现为一片低云, 没有强对流特征。一次突发性短时特大暴雨过程, 两种不同的表现形式, 是这次过程的最大特点。通过对天气图、物理量、卫星云图和雷

达回波的综合分析, 试图找出突发性特大暴雨形成原因和中尺度特征, 为城市短时预报拓宽思路。

1 大尺度环流背景

1.1 500 hPa 形势

2004 年 6 月 29 日 08: 00 的 500 hPa 图 (图 1) 上, 东亚环流形势为二槽一脊, 其中二槽分别位于日本海和新疆东部, 副高 588 dagpm 闭合等压线在湖北恩施、宜昌附近。台风在台湾岛东部活动, 沿东北方向移动。在新疆大槽前部, 定边



粗实线为槽线; 粗虚线为切变线

图 1 2004-06-29 T 08 500 hPa 高空图

收稿日期: 2006-08-03

作者简介: 刘勇 (1962-), 男, 山西长治人, 高级工程师, 从事短时天气预报和中小尺度天气研究。

至兰州有一条西北风和西南风的弱切变线,切变线北部银川附近有一股弱的冷空气。陕西处在副高北侧、切变线东侧西南气流控制下。随着切变线向东南方向移动,在切变线附近触发对流产生,造成暴雨天气。20:00切变线消失,西安上空虽为西北风,但是在西安南部的安康受副高控制,西安很快又受副高前暖湿气流的影响。

1.2 主要影响系统

29日08:00的850 hPa上,沿重庆—万县—安康—郑州—榆林一线为144 dagpm 闭合低涡,在延安和西安之间为一切变线,低层存在着辐合运动。受台风北上影响,在台湾岛以东洋面东南风强劲,沿南京—徐州—郑州一带出现一条比较弱的东南气流。20:00浙江—安徽—河南一带普遍受东南气流控制,郑州的东南风达到10 m/s。来自台风外围的东南气流带来大量的暖湿气流,配合500 hPa的弱冷空气,造成上干冷、下暖湿的强对流不稳定,是这次过程产生特大暴雨的主要原因。

29日08:00的300 hPa图上,沿青海冷湖—甘肃敦煌—蒙古乌兰巴托—辽宁沈阳存在着一条风速为40 m/s的顺时针旋转的高空急流。陕西处在高空气流入口区右侧辐散区,高空急流的抽气作用,使得西安强对流得到发生发展。20:00高空气流轴向东移动了3个经度,西安300 hPa上空为辐合区,不利于强对流的发生发展。300 hPa上空由强辐散转化为辐合可能是西安暴雨两种不同表现形式的主要原因。

2 物理量分析

2.1 能量场特征

29日08:00的850 hPa θ_{se} 高能舌向北伸展至34°N附近,西安位于高能舌内, θ_{se} 值为83°C。在西安东北方向还存在着能量锋区。20:00西安附近的高能舌仍然存在,西安 θ_{se} 值为80°C;由于冷空气东移,在西安西北部能量锋区很强。20:00以后西安低层仍然具有很高的能量。从位势稳定度来看,西安08:00 $\Delta\theta_{se(500-850)} = -10^\circ\text{C}$,20:00为7°C。西安都处在层结不稳定区。

2.2 散度场和垂直速度场

散度场:29日08:00,陕西中部整层为辐散

区,高层辐散有利于对流的发展。20:00,陕西中南部850 hPa 辐合加强,量值为 $-1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,但是300 hPa以上为辐合区,量值为 $(-1 \sim 0) \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。散度场的变化表明,低层辐合在29日08:00后是逐渐加强的,而高层辐散是逐渐减弱的。在这个时期,低层辐合和高层辐散都很弱。

垂直速度场:29日08:00,陕西中部850~300 hPa为弱的上升运动,量值为 $(0 \sim -1) \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$,300 hPa以上为弱的下沉运动。20:00,陕西中部整层为弱的上升运动,量值为 $-1 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$ 。

2.3 水汽条件分析

29日08:00的水汽通量图上,受西南气流影响,陕西中部700~500 hPa的量值较大,为60~20 g/(cm·hPa·s)。850 hPa值较小。20:00(图2a),东南气流为内陆地区带来大量的水汽,最大量值在山西,为100~120 g/(cm·hPa·s)。由于西安的第一场暴雨发生在15:30—20:00,估计东南气流的前锋在这个时间正好到达陕西中部,因而对特大暴雨提供了充沛的水汽条件。由于东南气流与偏北气流交汇,低层辐合加强,水汽辐合加强,有利于特大暴雨的形成。这可从20:00的850 hPa水汽通量散度图上证实。在陕西与山西的交接面上,正是东南气流与西北气流的交接面。在这个区域,是水汽强辐合区(图2b),量值为 $-4 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 。西安为 $-2 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 。

3 卫星云图特征分析

3.1 中-β尺度对流云团的生成发展

29日12:00,由新疆东移的冷锋云系到达甘肃中部,位于台湾岛东部的台风云团向北移动。在冷锋云系的前部,陕西中部的子午岭附近有对流云团生成。14:00(图3a)对流云团的水平尺度为100 km,呈圆状的中-β尺度对流云团,云顶亮温 t_{BB} 为一40°C。云团在发展过程中,尺度增长很快,云团的前部很快到达了咸阳北部。15:00在陕西东部有大片的对流云团生成、发展,其中有一条东西向的带状云系沿商州向西安方向发展。16:00这条带状对流云团的西端移动到长安附近,与来自西安西北部的对流云团开始合并。17:

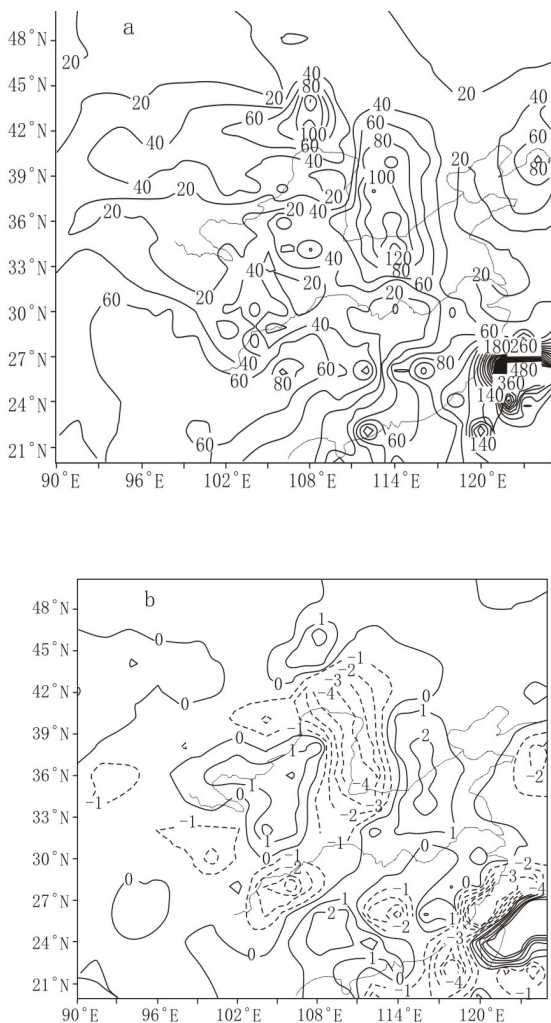
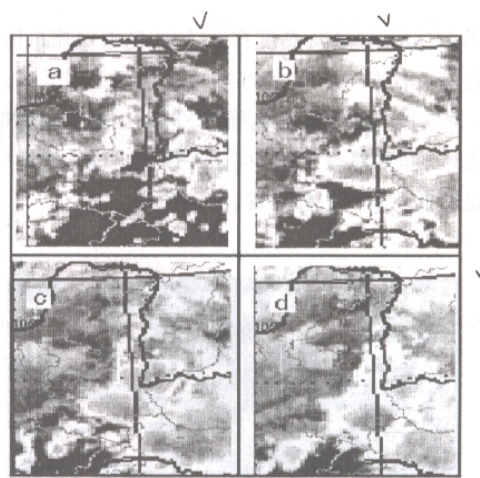


图2 2004-06-29 T 20 850 hPa (a) 水汽通量
(单位: $\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$) 和 (b) 水汽通量散度
(单位: $10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$)

00 (图 3b) 合并后的对流云团发展旺盛, 带状云团东西长为 300 km, 南北宽 50 km, 覆盖了西安南部的周至、户县、长安和蓝田, 云顶亮温 t_{BB} 为 -54°C 。2 个对流云团在合并过程中, 产生了强风暴天气, 长安是重灾区。19:00 (图 3c) 影响长安的对流云团开始减弱, 云顶亮温 t_{BB} 约为 -50°C , 但是仍然造成周至县九峰乡强降水。20:00 对流云团开始向东南方向移动, 进入秦岭山区。21:00 (图 3d) 影响西安的对流云团移到商洛地区, 西安地区的强对流天气结束。

3.2 低云造成的强降水

29 日 21:00 以后, 影响西安地区的中- β 尺度



a 14: 00, b 17: 00, c 19: 00, d 21: 00

图3 2004-06-29 卫星云图

对流云团移至陕南, 而西安城区开始产生降水。从卫星云图上看, 西安上空并没有强对流云团, 只是一块低云, 云顶亮温 t_{BB} 为 -20°C 。30 日 03:00, 位于陕南的对流云团开始消散, 西安上空仍然是低云控制, 云顶亮温 t_{BB} 为 -20°C 。虽然缺乏强对流运动, 西安城区的降水强度很强。西安城区特大暴雨天气是弱对流造成的。

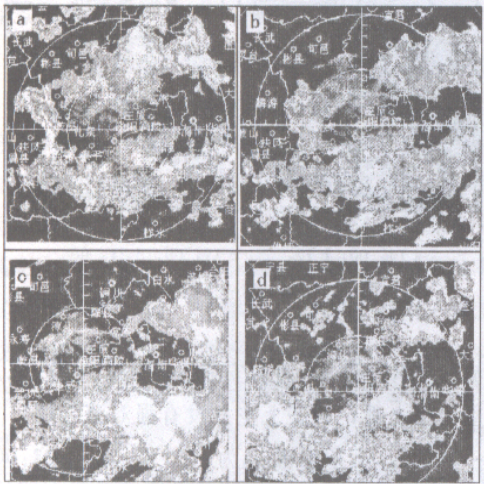
4 雷达回波特征分析

由于暴雨发生在西安上空, 西安 713 (5 cm) 雷达的观测资料受到很多限制。咸阳机场距西安 25 km, 对这次过程咸阳机场 713 (5 cm) 雷达资料比较完整, 因此采用二者结合的方式进行分析。

29 日 14: 18, 西安雷达的回波图上, 西安东部有对流单体在发展。对流单体处在生成阶段, 回波强度在 30~35 dBz, 回波顶高 7~9 km。

15: 48 (图 4a), 咸阳机场雷达回波图上, 西安周围都有对流云在发展。西安北部的铜川有大片的带状回波, 回波强度在 30 dBz。距西安西部 60 km 的永寿、乾县、武功一带有一条飚线, 长约 100 km, 宽 10 km, 呈弓状。在弓状回波的顶端, 回波强度达 45 dBz。在西安东南部有大片的对流单体发展旺盛, 长安、蓝田附近的对流单体强度达到 45~50 dBz。由于西安东西两边的对流云相向运动, 因此可以判断东部的东南气流进入陕西中部。长安附近的对流单体发展旺盛, 云顶高度

为 15 km, 45 dBz 高度在 10 km。随着对流单体的合并, 长安 16: 00—17: 00 出现强风暴天气。1 h 降水 62 mm, 气温突降 8.8°C , 出现 12 级以上大风。虽然对流很强, 但是并没有出现冰雹天气, 说明低层水汽十分丰富。



a 15: 48, b 17: 14, c 18: 41, d 22: 53;

每圈半径 50 km; 回波强度由外向内分别为

10~15 dBz、20~25 dBz、30~35 dBz、40~45 dBz

图 4 2004-06-29 咸阳机场 713 雷达 PPI 回波图

17: 14 (图 4b), 西安东西两边的对流云在长安合并, 40 dBz 强回波面积增大, 影响到户县。给上述地区都造成短时暴雨天气。

18: 41 (图 4c), 强回波向东南方向移动, 长安降水减弱。在强回波移动过程中, 给蓝田带来短时暴雨天气。同时在周至九峰有强对流发展, 回波强度为 45 dBz。正是这个对流单体造成 197 mm/1 h 的短时特大暴雨天气。

随着影响西安地区强回波的东移, 20: 10 西安地区为弱回波。22: 53 高陵—西安—户县一带产生一条 45 dBz 的强回波带 (图 4d), 水平尺度为 50~60 km, 宽度仅为 5~10 km。虽然回波的

强度很强, 但是对流云的云顶高度很低, 不到 9 km。45 dBz 的高度在 5 km 左右。雷达探测到的云顶高度偏低和卫星云图云顶亮温偏高是一致的。西安城区的短时暴雨天气和长安的短时暴雨天气在表现形式上不同。前者更难预报。

在缺乏强上升运动的环境中, 西安城区仍然产生短时特大暴雨天气。从 30 日 08: 00 资料看, 来自台风外围的低层偏东气流一直在陕西附近活动。因此西安城区产生的短时特大暴雨天气与夜间偏东气流加强和低层水汽辐合加强有很大关系。

5 结论

5.1 500 hPa 槽前的暖湿气流作为弱冷空气的一种形式诱发了西安局地短时特大暴雨的产生。

5.2 远距离台风外围的偏东气流携带大量热带系统的暖湿气流, 与中纬度的弱冷空气作用, 产生的降水强度很大。当偏东气流还没有完全盛行时, 就要引起高度重视。

5.3 中- β 尺度对流云团 (强对流) 在低层水汽丰富时, 产生的降水强度非常大。中- β 尺度对流云团可以为短时预报提供可靠的依据。

5.4 低云 (弱对流) 也可以产生短时特大暴雨。当低层水汽非常丰富, 水汽辐合很强时, 即使缺乏强上升运动, 弱对流仍然可以带来短时特大暴雨天气。

参考文献:

- [1] 陈永林. 上海“0185”特大暴雨的 MCS 形成条件分析 [J]. 气象, 2001, 28 (1): 30-33.
- [2] 康玉霞, 王令, 李志楠. 北京地区一次降水过程的多普勒雷达资料分析 [J]. 气象, 2001, 28 (3): 38-41.
- [3] 郑升. 温州特大暴雨的特性分析 [J]. 气象科技, 2004, 23 (6): 46-49.