

文章编号: 1006-4354 (2007) 01-0005-04

高原东部一次大暴雨过程成因分析

孙健康, 武麦凤, 许伟峰

(渭南市气象局, 陕西渭南 714000)

摘 要: 利用常规高空、地面观测资料、NCEP 再分析资料以及 FY-2C 卫星云图资料, 对 2005 年 7 月 1 日晚到 2 日发生在甘肃东南部的区域性暴雨、大暴雨和陕西关中东部的局地性暴雨、大暴雨天气过程进行分析。结果表明: 这次暴雨、大暴雨过程发生在深厚的上升气流中, 有明显的水汽辐合和输送, 地面冷空气的堆积触发了低空急流左前方中尺度天气系统的爆发, 关中东部喇叭口地形对气流的狭管效应和地形爬升作用增大华山附近的雨强。深厚的上升气流和有利的散度场分布有利于正涡度增长和中小尺度天气系统的形成和发展, 为强降水形成提供了有利的动力条件。

关键词: 区域性暴雨; 正涡度; 辐合; 中尺度对流系统

中图分类号: P458.121

文献标识码: B

2005 年 7 月 1 日—2 日 08 时, 高原东部出现了大范围的暴雨和大暴雨, 暴雨区从甘肃东南部沿东北方向经延安延伸到山西西部永和一带, 甘肃省的西峰镇、镇原、合水、张家川、清水、康县及陕西省的延川等 7 个站出现了大暴雨, 最大降雨量出现在陕北延川, 24 h 降雨量达 156 mm (图 1)。同时, 地处关中东部喇叭口地形开口处的渭南市华山南山支流局地出现了暴雨和大暴雨, 其中中华阴市华阳加密雨量观测点、华山气象站和潼关县安乐加密雨量观测点的降水量分别是 120

mm、98 mm 和 58 mm。华县金堆镇也遭受了暴雨袭击, 华山个别地段出现滑坡, 以上各地均造成了不同程度的损失。

1 大尺度环流形势分析

暴雨发生前, 500 hPa 中高纬度呈稳定的两槽一脊型, 巴湖附近为一高脊, 贝湖和里海附近分别有一低槽, 副高稳定少动。2005 年 7 月 1 日 08 时开始, 形势发生调整, 贝湖附近低槽加深, 蒙古中部形成一个强大的冷低压, 里海附近的槽被填塞, 高原上有小槽生成并缓慢东移, 副高活动加强。20 时高原槽加深东移至酒泉—都兰—玉树附近, 副高西伸北抬, 588 dagpm 线位于南阳—太和—一阳江, 高原东部处于高原槽前和副高外围强盛的西南暖湿气流中, 有充沛的水汽含量和充足的水汽来源, 1 日晚上, 这里出现了大范围的强降水。2 日 08 时, 低槽减弱东移, 副高东退, 强降水区随之东移, 高原东部强降水减弱。

1 日 08 时 700 hPa 图 (图略) 上, 格尔木—陇西—巴塘有一低压环流, 陇西—甘孜有一切变, 高原东部为一致偏南气流, 20 时切变线北部北抬东移至固原北部, 南部少动, 高原东部各站风速明显加大, 从贵阳经威宁到汉中形成了 ≥ 12 m/s

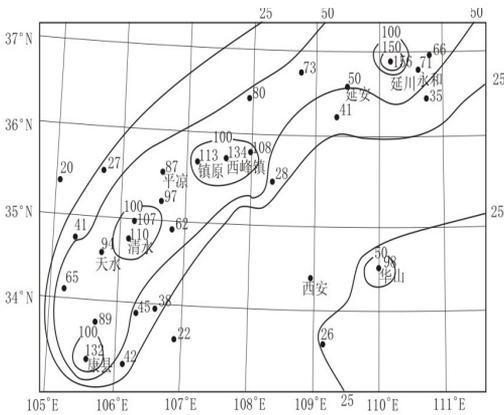


图 1 2005-07-01 T 08—02 T 08 降水量
(单位: mm)

收稿日期: 2006-03-30

作者简介: 孙健康 (1964-), 男, 陕西蒲城人, 高级工程师, 从事天气预报工作。

的偏南风急流,甘肃东南部和陕北大部处于低空急流左侧,急流的存在加剧了大气的对流不稳定程度,同时加快了水汽向高原东部输送;2日02时沿108°E流场垂直剖面图(图2)的分析发现,35°N及其以北,低层到高层都有明显的风垂直切变和水平辐合,这为强降水天气过程提供了足够的动力抬升作用。2日08时,切变线东移减弱,急流相对东南压,高原东部强降水减弱,同时,35°N风速的垂直切变和水平辐合消失。

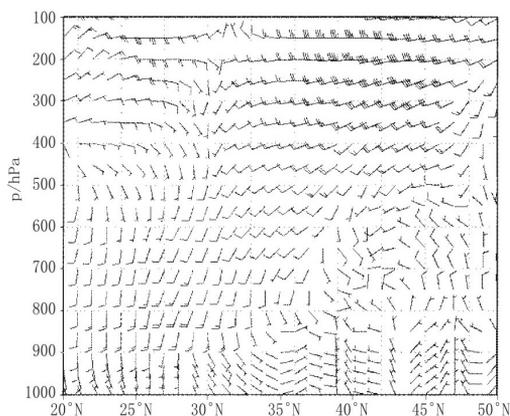


图2 2005-07-02 T02沿108°E流场的垂直剖面图

地面图(图略)上,暴雨发生前,新疆有冷空气堆积并缓慢南压,高原东侧内蒙到甘肃南部形成冷高压,1日08时,该冷高压缓慢东移南压,在华家岭—合作—玉树一带形成冷锋,20时冷高压南压至陕西西部,冷锋东移至铜川—西安—宝鸡附近,位于四川中部的低压中心使辐合加强,锋区加强,冷空气在关中东部喇叭口地形的开口处(即华山附近)堆积,下冲过程中触发了不稳定能量的释放,成为这次暴雨、大暴雨天气过程的触发机制。另外,关中东部韩城、合阳经华山到山西运成有气旋式环流,关中东部为一致偏东气流,偏东气流从喇叭口灌入关中,西行过程中遇到了华山的阻挡,狭管效应和爬坡效应并举,使得垂直上升运动加强,雨强增大。

2 上升运动

大暴雨的特征之一就是上升运动强烈,对流发展高度高,与暴雨对应的深对流常可以发展到

300 hPa以上。对流层内低层辐合、高层辐散是强对流形成和维持的主要机制^[1]。

沿108°E的散度垂直剖面图(图略)表明:1日20时,高原东部低层750 hPa以下为辐散区,600 hPa上下有较强的辐合;20时低层辐合、高层辐散明显加强,低层700 hPa以下为一致的辐合区,最大辐合中心在850 hPa,为 $-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,600 hPa以上辐散明显,最大辐散中心在500 hPa,值为 $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。2日02时高原东部已经形成了比较深厚的辐合层,08时后,高原东部低层辐合减弱,区域性强降水减弱。沿110°E垂直散度场上,1日20时,35°N附近只有在600~700 hPa之间有较弱辐合,其余各层均为辐散。2日02时,低层辐合加强,800 hPa以下出现了一 $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的辐合中心,500 hPa上有 $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 的辐散中心,这种低层辐合高层辐散的配置为中小尺度天气系统的形成提供了动力条件。

沿108°E垂直速度场的分析可知,1日20时高原东部形成较强的垂直上升运动。2日02时(图3),上升运动加强,36°N以北附近形成整层垂直上升运动,最大的上升运动速度中心在600 hPa附近,为一 $6 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$,中低层上升运动剧烈。2日02时沿110°E的垂直速度场同样表现出了强烈的垂直上升运动,最大上升运动速度为一 $5 \times 10^{-3} \text{ hPa/s}$,同样在600 hPa附近,强烈的上升运动使深对流加强,将低层的水汽源源不断地输送到高层,导致湿层加厚,有利于暴雨的产

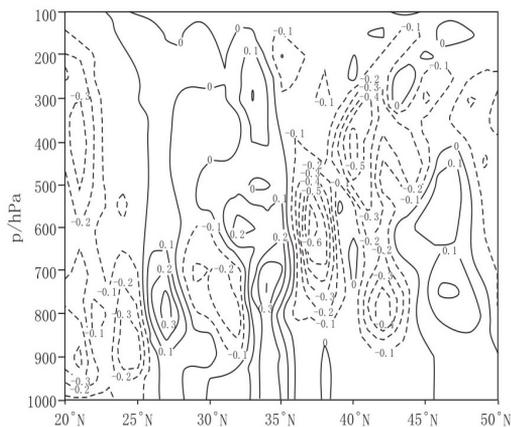


图3 2005-07-02 T02沿108°E垂直速度垂直剖面图(单位:pa/s)

生,也促进了暴雨区附近中尺度系统的产生和维持^[2-3]。

3 水汽分析

3.1 比湿分析

1日20时700 hPa比湿场上,湿舌已位于新疆东部,甘肃东南部比湿值为8~10 g/kg;2日02时,湿舌移到甘肃东南部且范围增大,呈南北走向,同时,甘肃南部比湿也猝然增大,湿舌伸向关中东部喇叭口地形开口处,华山附近比湿值达到了9~10 g/kg,高湿舌的存在为甘肃东南部区域性大暴雨和关中东部局地性大暴雨的形成均提供了充足的水汽。

850 hPa上,1日20时,甘肃西部比湿值开始增大,同时,甘肃南部的湿舌开始形成并向东伸展;2日02时,甘肃境内比湿值进一步增大,关中东部湿舌已经形成,比湿值为16~17 g/kg;2日08时以后,高原东部各地的比湿值逐渐减小。

3.2 水汽通量分析

水汽通量散度和水汽通量矢量700 hPa合成图(图略)上,1日20时,孟加拉湾水汽向高原东部输送,2日02时,有两条水汽通道:一是从孟加拉湾经云贵高原指向甘肃东南部的水汽通量矢量,二是由南海经秦巴山区伸向关中东部的的水汽通量矢量,这两条水汽通道分别为甘肃东南部区域性强降水和华山附近局地性降水提供了充足的水汽。08时以后,这两条水汽通道的水汽通量明显减弱,强降水相应减弱。分析表明高原东部区域性大降水在低层(850 hPa)的水汽来源为南海和孟加拉湾,而中层(700 hPa)主要来自孟加拉湾。

3.3 水汽通量散度分析

1日20时700 hPa水汽通量散度场上,甘肃西部形成一个非常明显的水汽通量辐合区,辐合中心值为 $-3.5 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,而后这个辐合中心东移,2日02时移至甘肃东南部地区,为高原东部区域性暴雨的形成提供了充足的水汽。

850 hPa水汽通量散度(图4)表明,1日20时,甘肃西部形成了比较明显的水汽通量散度辐

合,中心值为 $-6 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,2日02时,水汽通量辐合中心东移至甘肃东南部,在关中东部喇叭口地形的开口处形成 $-0.5 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 的弱辐合区,这为关中东部局地性暴雨的形成提供了较有利的水汽条件。

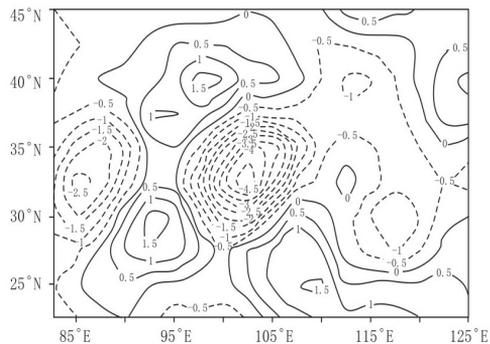


图4 2005-07-02T02 850 hPa水汽通量散度
(单位: $10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

4 高能高湿的不稳定能量场分布

陕西在对暴雨和强对流天气的研究^[4]中,对高原东北侧次天气尺度 Ω 系统与低层三股气流的作用做了详细的论述。分析发现这次天气过程的能量场与前人分析的有所不同。自暴雨开始至结束,850 hPa的 θ_{se} 场没有明显的 Ω 型分布,但从1日08时开始,高原东部一直处于能量锋区。暴雨落区位于500~200 hPa高能区、700~850 hPa能量锋区内和低层能量轴左侧。低层能量锋是低层西南气流向西北推进而形成的,它向暴雨区输送了大量的水汽和不稳定能量。在高层,西北路冷空气向下游冲击,不仅导致了高能区西北侧的低能区,还触发了高能比轴附近中小尺度对流系统,使得高能比轴附近出现强降水。

5 小结

5.1 高原槽的发展东移和副高的活动是高原东部区域性大降水的直接影响系统;低空辐合切变和低空急流的存在促成并加剧了大气的垂直上升运动,成为本次区域性强降水的主要动力机制。

5.2 低空急流和低涡切变的存在为中小尺度天气系统的形成提供了有利的环流背景;地面冷空气的堆积触发了低空急流左前方中小尺度天气系统的爆发;关中东部喇叭口地形对气流的狭管效应和地形爬升作用增大华山附近的雨强。

文章编号: 1006-4354 (2007) 01-0008-04

2005年10月秋季连阴雨中暴雨天气特征分析

胡淑兰¹, 李社宏², 杜继稳²

(1. 渭南市气象局, 陕西渭南 714000; 2. 陕西省气象局, 陕西西安 710014)

摘要: 利用常规气象观测资料、FNL再分析资料和FY-2C气象卫星资料, 应用天气学原理和方法对2005年9月28日—10月2日陕西中南部秋季连阴雨中暴雨过程的天气特征进行了分析。结果表明: 暴雨发生在500 hPa稳定的东高西低形势下, 乌山阻高、巴湖横槽和副高为连续暴雨产生提供了有利的环流背景条件。低空急流、切变是暴雨产生的主要影响系统。暴雨系统的动力和能量空间结构与盛夏暴雨相比有明显差异: 涡度、垂直速度中心随高度升高向北倾斜明显; 涡度、散度中心绝对值及垂直速度的数值偏小; 降雨强度偏弱, 持续时间长, 具有中- α 尺度系统特征。在暴雨过程中, 共有2个中- α 尺度系统生成发展, 每个中- α 尺度系统都是由多个中- β 尺度系统发展加强、有规律移动、最后合并生成。

关键词: 暴雨; 连阴雨; 中尺度系统

中图分类号: P458.121

文献标识码: B

暴雨的发生必须具备有利的大尺度环流背景条件^[1-2], 其强度和落区又与中尺度扰动的活动有密切关系^[3]。杜继稳^[4]等对陕西致洪暴雨天气进行了深入研究, 把陕西致洪暴雨分为4种类型, 把

产生致洪暴雨的天气型也划分为4种。2005年9月28日—10月2日陕西渭河流域、汉水流域出现的大范围持续暴雨天气, 属致洪暴雨类型中的连阴雨型暴雨, 天气型属于西南气流型。本文对

收稿日期: 2006-10-16

作者简介: 胡淑兰 (1967-), 女, 吉林松原人, 高级工程师, 从事天气预报业务和科研工作。

基金项目: 陕西省2001年科技计划项目 (2001K09-GT)

5.3 深厚的上升气流和有利的散度场分布有利于正涡度的增长和中小尺度天气系统的形成和发展, 为强降水形成提供了非常有利的动力条件。

5.4 暴雨的发生, 从700~850 hPa总有一个高湿舌与之对应或配合, 水汽通量散度场上表现为区域性暴雨的形成有较强的水汽辐合, 关中东部局地暴雨的形成没有大范围的水汽辐合。

5.5 本次过程中, 甘肃强降水的水汽来源在中层是孟加拉湾, 低层主要来源于南海, 关中东部的局地强降水的水汽主要来自南海。

5.6 受中、低层能量锋和高层高能区的影响, 暴雨发生时, 中、低层能量梯度最大。这次区域性暴雨不具备陕西暴雨中“ Ω ”型的能量场分布特征, 说明甘肃东南部强降水能量场分布与陕西强

降水能量场分布是有差别的。

参考文献:

- [1] 张弘, 孙伟. 初夏青藏高原东侧一次特大暴雨的综合分析 [J]. 高原气象, 2005, 24 (2) 232-239.
- [2] 武麦凤, 王旭仙, 胡淑兰, 等. 2003年渭河流域五次致洪暴雨的动力学诊断对比分析 [C] // 陕西省气象学会. 2004年全省气象学术交流会议论文集. 2004: 56-63.
- [3] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文. 天气学原理和方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1992: 608-609.
- [4] 马鹤年. 次天气尺度 Ω 系统和暴雨落区 [C] // 马鹤年. 暴雨文集. 吉林: 吉林人民出版社, 1980: 171-176.