

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.

这次过程进行了分析, 希望对此类天气有更深入的认识, 为今后致洪暴雨天气过程预报和服务提供有价值的参考。

1 实况简述

2005 年 9 月 28 日—10 月 2 日, 陕西渭河流域、汉水流域出现了大范围连阴雨天气过程, 渭河中游、陕南均出现了连续区域性暴雨和大暴雨(镇安 24 h 降水达到 104.0 mm) 天气, 其中 9 月 29 日—10 月 2 日秦岭北麓的渭河中游 4 d 中出现 3 个暴雨日。由于降雨持续时间长、降水量大, 汉江陕西段和渭河下游相继出现大洪水, 造成直接经济损失超过 19 亿元。

2 环流形势演变和主要影响系统

2.1 500 hPa 阻塞高压和副高

在 500 hPa 高空图(图略)上, 2005 年 9 月下旬前期环流为“两槽一脊”, 中后期逐渐调整为“两脊一槽”。28 日, 乌山为阻塞高压, 贝湖东部为高压脊, 巴湖附近有一冷槽。副高呈东西向带状, 控制着长江中下游地区, 588 dagpm 位于驻马店—遂宁—巴塘一线, 陕西中南部处于副高外围西南气流中。29 日—10 月 2 日, 从巴湖横槽中不断有冷空气分裂南下, 副高呈现小幅度东退或西进, 西南气流维持, 形成了稳定、有利的连阴雨形势。10 月 3 日副高主体东退到海上, 陕西强降水结束。9 月 28 日 08 时, $-8\sim-16^{\circ}\text{C}$ 等温线密集区在 $38^{\circ}\sim 43^{\circ}\text{N}$ 之间, 到 10 月 2 日 08 时该密集区以平均 1 纬度/d 的速度南压, 而整个过程中 -4°C 线基本维持在 $32^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$, 锋区在南压的过程中不断加强。乌山阻高和副高为流域内出现连续暴雨提供了稳定而有利的环流背景。

2.2 700 hPa 切变和低空急流

在 700 hPa 图(图略)上, 28 日 08 时低空急流已经在重庆—西安一线建立, 西安、延安与平凉间有一切变。29 日 08 时冷空气南压, 副高南撤, 切变东南压过延安并加强, 急流略南撤, 渭河流域正处于急流左前方和切变附近, 关中地区降水开始增大。30 日, 副高再次北抬, 河套地区高度场抬高, 辐合减弱, 降水相对较弱。10 月 1 日 08 时, 遂宁—安康又出现低空急流, 冷空气再次向东南扩散侵入陕西中南部地区, 原先在成都

—宝鸡—韩城的切变明显加强, 降水也相应增强, 强降水区位于切变的暖区一侧、急流最前端和气旋性曲率大的重叠区域。20 时, 切变南压, 急流减弱消失。2 日 08 时偏南气流再次加强形成急流(西安 16 m/s), 切变向东南压至紫阳—商洛南部地区, 强降水中心与风场辐合最强的陕南南部相对应。20 时, 急流再次消失, 切变南压至川陕交界处, 陕西大降水逐渐结束。可见, 急流的建立、发展和消失直接影响暴雨的强度、范围和持续时间, 暴雨落区位于低空急流左前方和切变附近, 低空急流是暴雨产生的重要触发机制。

2.3 地面冷空气

28 日 08 时冷高压中心在蒙古国的西北部, 中心强度 1 030 hPa, 42°N 有一东西向冷锋。29 日 08 时冷锋移至 40°N 附近, 从冷高压底部分裂出的一股冷空气沿河西走廊向东南扩散, 在河套中部堆积形成小高压, 其前部有弱冷锋生成, 降水开始增大。之后, 蒙古冷高压逐渐加强东移南压, 渭河流域和汉水流域位于高压底部。从 10 月 1 日开始, 冷高压自北向南移动, 高压底部的等压线密集区从陕北南部缓慢南压到秦岭以南地区。3 日, 冷高压中心移至华北地区, 整个西北东部地区受其控制, 陕西大降水结束。在整个降水过程中, 10 月 1 日之前, 陕西中、南部主要受西北路冷空气影响, 之后则受北路冷空气影响, 而后者的影响更严重, 范围更大, 降水更强。

3 物理量诊断分析

3.1 水汽条件分析

充足的水汽供应是暴雨产生的首要条件。此次降水过程中 10 月 1 日的降水强度最大、范围最广, 因此重点对 1 日的物理量场进行分析。由图 1 可以看出, 产生暴雨的水汽主要来自孟加拉湾和南海, 经华南西部和川东地区, 进入暴雨区上空。在水汽通量散度场上, 暴雨区上空低空存在明显水汽辐合区, 辐合中心值达到 $-0.6\times 10^{-7}\text{g}/(\text{cm}^2\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$, 辐合区与暴雨区分布基本一致。从 700 hPa 水汽通量场的分布(图略)可以看出, 四川东部和川陕交界处的水汽通量值都在 $12\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{hPa}\cdot\text{s})$ 以上, 低空急流穿过该水汽通量大值区将水汽不断向暴雨区输送。

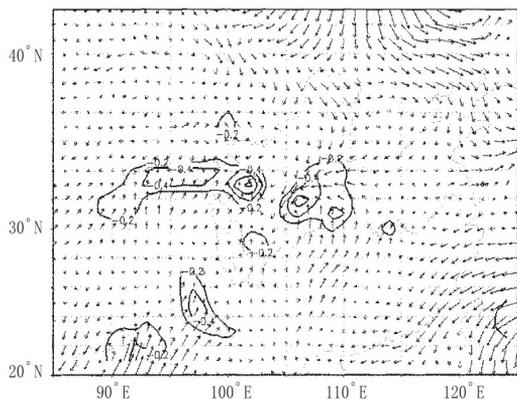


图1 2003-10-01T08 850 hPa 风场和水汽通量散度
(单位: $10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

从流场和比湿场垂直分布上看(图2),暴雨过程中水汽的垂直输送十分明显,气流辐合区和垂直方向上的湿舌区对应。湿舌从低到高向北倾斜,说明水汽主要来自低空南侧。强烈的水汽垂直输送使水汽不断堆积,水汽在凝结过程中释放出大量的凝结潜热,促进空气向上运动,形成了对流发展的正反馈机制。

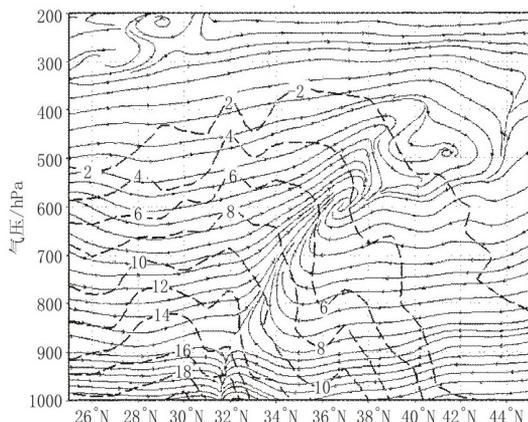


图2 2003-10-01T08 流场和沿 109°E
比湿(单位: g/kg)场垂直剖面图

3.2 动力和能量条件分析

由图3可以看出,暴雨区上空550 hPa以下为正涡度,最大值在750 hPa附近,数值大于 $4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,550 hPa以上为负涡度,最大中心在200 hPa附近,中心小于 $-6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。在散度垂直剖面图上,700 hPa以下为辐合区,以上为辐散区。

这种高层负涡度、辐散与低层正涡度、辐合的空间结构配置,有利于暴雨区上升气流的维持和降水的持续。在垂直速度图上,暴雨区上空为深厚的上升气流区,从1000 hPa一直伸展到200 hPa,最大上升速度大于 0.6 Pa/s ,出现在800 hPa附近,另有一个大值中心出现在500 hPa附近,但位置偏北。

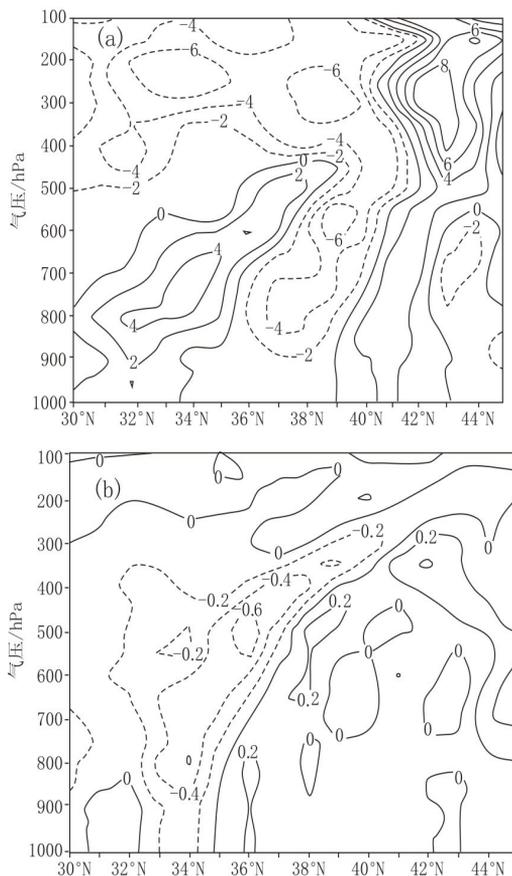


图3 2003-10-01T08 沿 109°E 涡度(a, 单位:
 10^{-5} s^{-1})、垂直速度(b, 单位: Pa/s)垂直剖面图

与陕西盛夏暴雨相比,本次暴雨的动力和能量场空间分布存在明显不同。首先是涡度、垂直速度中心随高度升高向北倾斜明显,而盛夏暴雨的倾斜程度不明显。其次是暴雨区上空正、负涡度和散度中心的绝对值及垂直速度的数值偏小,表明秋季连阴雨中暴雨的对流强度不如盛夏暴雨激烈,甚至处于对流稳定状态。三是暴雨发生在冷区(地面锋后),且降雨强度小于盛夏暴雨,但持续时间长。从产生暴雨的直接影响系统上分析,

秋季连阴雨中暴雨的强度、持续时间和降水范围具有中- α 尺度系统特征, 而盛夏暴雨则往往具有中- β 尺度系统特征。

4 卫星云图演变分析

10 月 1 日, 共出现了 2 个强降水时段, 对应有两个具有中- α 尺度对流系统特征的云系生成发展。1 日 03 时在四川东部有小对流云块生成, 然后向东北移动发展, 到 11 时云体覆盖安康、汉中东部和渭河中游地区 (图 4 中云块 1), 强中心位于镇巴, 11 时镇巴 3 h 降水量达到 49.6 mm。12 时, 云块 1 继续东移影响陕南东部, 镇安站 13、14 时的 1 h 降水量均达到 10 mm 以上。之后, 此云块开始减弱, 强降水逐渐结束, 16 时后移出陕西。云块 1 从生成、发展、成熟到消亡历经 13 h, 造成关中南、陕南大部分地区产生区域性暴雨。

11 时在甘肃东部有多个对流云块生成, 呈东北—西南向带状分布 (图 4 中云块 2)。这些对流云块在东移过程中不断发展加强。12 时, 另一块对流云团在陕南南部的镇巴生成并迅速发展东移。15 时, 来自甘肃东部的对流云带与来自镇巴的对流云团在关中中部、汉中东部、安康西部地区合并, 继续向东移动。16 时, 该云团覆盖了整个陕西中南部地区, 强中心位于商洛西南部。该云团使镇安站 15 时的 1 h 降水量达到 17.9 mm, 12—16 时累积降水量达到 57.3 mm。之后云带减弱东移, 降水强度减小, 21 时移出陕西, 降水基本结束。

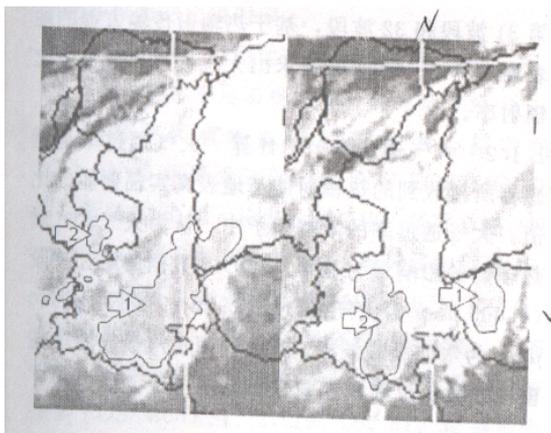


图 4 2003-10-01 卫星云图 (左 11 时、右 15 时)

可以看出, 每个中- α 尺度系统的生成都是由多个中- β 尺度对流云块的生成开始, 经过发展加强, 最后合并为中- α 尺度对流系统。中尺度系统是产生暴雨的直接影响系统。

5 小结

5.1 本次连阴雨中暴雨发生在 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。低空急流为暴雨的产生提供了水汽和能量, 它的建立、发展和消亡直接影响到暴雨的强度、范围和持续时间。暴雨落区位于 700 hPa 切变的暖区一侧或风场辐合中心附近, 切变和锋区配合时, 锋区越强, 降水量越大。

5.2 秋季连阴雨中暴雨的动力和能量场空间分布存在明显特征。涡度、垂直速度中心随高度升高向北倾斜明显; 暴雨区上空正、负涡度、散度中心的绝对值和垂直速度的数值偏小; 大气层结处于对流稳定状态; 暴雨发生在冷区, 降雨强度小于盛夏暴雨, 但持续时间长。秋季连阴雨中暴雨的强度、持续时间和降水范围具有中- α 尺度系统特征, 而盛夏暴雨则往往具有中- β 尺度系统特征。

5.3 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。

参考文献:

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 气象出版社, 1980: 1-225.
- [2] 陶诗言, 张庆云, 张顺利. 1998 年长江流域洪涝灾害的气候背景和大尺度环流条件 [J]. 气候与环境研究, 1998, 3 (4), 290-299.
- [3] 丁一汇. 1991 年江淮流域持续特大暴雨研究 [M]. 北京: 气象出版社, 1993: 47-137.
- [4] 王旭仙, 胡淑兰, 吕俊杰, 等. 渭河流域严重洪涝灾害的天气学分析 [J]. 西北大学学报, 2002, 32 (增刊): 190-195.