

一次弱对流引发局地特大暴雨天气的诊断分析

刘 勇 王 川

(陕西省气象台,西安 710015)

提 要

对2003年8月28~29日宁陕特大暴雨过程诊断分析结果表明:特大暴雨发生在低层辐合、高层辐合,不利于强对流发展的弱对流环境中。低层850~700hPa低涡倒槽为特大暴雨提供了辐合上升运动和充沛的水汽条件。850hPa几股来自不同方向、性质不同的气流相汇在宁陕上空,强水汽辐合是特大暴雨形成的主要原因。

关键词: 弱对流 特大暴雨 低涡倒槽 强水汽辐合

引 言

2003年8月24日至9月7日,陕西出现持续性强降水天气过程,其强度之大、范围之广为陕西有气象记录以来最为严重的一次。8月28日20时至29日20时(北京时,下同),陕西中部出现36站暴雨,陕南出现6站暴雨,其中位于秦岭腹地的宁陕县遭受特大暴雨的袭击,降水量达304.5mm,36小时累计降水332.3mm。宁陕日降水量创造安康各县区日降水量历史之最。由于长时间的强降水造成宁陕山洪爆发,诱发大面积的山体崩塌和泥石流灾害。

对这次过程最直观的感觉,就是从卫星云图上很难看出特大暴雨的迹象。暴雨区云顶亮温很高,没有中尺度对流云团形成,说明对流比较弱。为什么在弱对流的情况下会产生局地特大暴雨,特大暴雨形成的机理是什么,本文利用诊断分析方法,探讨了此次局地特大暴雨天气的内部结构、形成的可能机理,希望能对这一类暴雨的预报提供有价值的思路。

1 降水和云图特征

进入8月下旬以来,陕西中部和北部开始出现连续性降水,但宁陕在28日20时以前测站几乎没有降水产生。28日18时,宁陕由北向南普降大到暴雨,20时40分县城开始降雨。与历史上类似过程相比,这次特

大暴雨覆盖的面积比较大,因此受灾范围广,影响大。28日20时至29日08时,宁陕12小时降水161mm,其中21~22时,1小时降水60mm;29日08时至29日15时,宁陕7小时降水124mm,其中12~13时,1小时降水63mm(图1)。过程降水具有明显的中尺度特征。

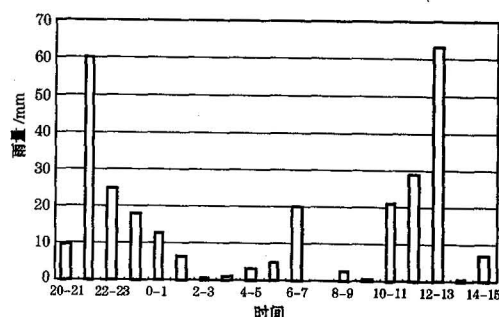


图1 2003年8月28日20时至29日15时宁陕逐时降水分布图

从卫星云图来看,宁陕(33°20'N、108°20'E)特大暴雨中尺度特征并不明显,最典型的时间是29日13时的红外云图(图略)。虽然12~13时降水63mm,但从云图上看,陕西南南部降雨云系比较松散,云顶亮温 T_{BB} 比较高。宁陕上空(箭头前方)的云顶亮温 T_{BB} 在10~11时为 -10°C ,对应的云体高度在7km以下。12~14时为 -20°C ,对应的云体高度在8km左右。以后宁陕上空的云顶

亮温 T_{BB} 又上升到 -10°C , 没有出现中尺度对流云团, 说明暴雨区没有强对流运动, 云顶很低。通常, $7\sim 8\text{km}$ 高的对流云只是一般性质的对流云系, 与强对流有一定的差距^[1-3]。这是一次具有特殊特征的降雨。

2 天气尺度背景分析

2003年8月28日20时的500hPa图上, 欧亚高纬度地区, 乌拉尔山阻高和东北冷涡非常稳定, 东亚上空气流比较平直, $70\sim 120^{\circ}\text{E}$ 等高线约呈“L”型。这种“L”型是陕西秋季连阴雨的典型形势^[4]。由于横槽维持, 东亚上空 40°N 附近有一东西向锋区, 从横槽内不断分裂小槽东移, 影响陕西。东亚中低纬度地区, 陕西东部是副热带高压。副高北上加强, 呈东西带状分布, 脊线位于 33°N , 在大陆上西脊点伸至 105°E (5880gpm), 位于陕西东南边缘。29日08时至29日20时副高仍然处在这个位置。正是由于副高和乌拉尔山阻高的强大稳定, 西风槽移动缓慢, 不断引导弱冷空气向东南方向移动, 使位于副高西侧的陕西中南部发生持续性强降水。

28日20时的700hPa图上(图2a), 在甘肃南部的低涡移到陕南附近, 陕西中南部被低涡倒槽控制, 倒槽辐合线位于武都—宝鸡—铜川附近, 宁陕位于低涡环流前部强西南气流控制区内。29日08时随着低涡倒槽内气旋性环流的东移, 加强了陕西关中、陕南的辐合上升运动。来自孟加拉湾的一支西南气流 ($8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) 长时间影响陕西, 为陕西中南部暴雨的产生提供了良好的水汽条件。

28日20时850hPa图上(图2b), 四川东南部存在一个 1440gpm 闭合低涡, 陕西南部位于低涡倒槽辐合线上, 主要有三股不同性质的气流交汇在这一地区: 一股来自副高外围的东南暖湿气流; 一股来自东北方向的湿冷空气; 一股来自西北方向的弱干冷空气。三股性质不同的气流交汇造成局地锋生, 辐合加强, 为暴雨的产生创造了良好的环境。29日08时主要是东南气流和东北气流的辐合。

28日20时200hPa图上, 陕西上空为一致的西北气流, 宁陕暴雨区高空不仅没有辐散, 而是气流辐合, 抑制了强对流的发生。这次过程最大特点是, 在高空形势不利于强对流发生发展的情况下, 低层 ($700\text{hPa}\sim 850\text{hPa}$) 陕西中南部低涡倒槽的发生发展, 造成区域性暴雨天气, 它的作用可能类似于台风倒槽对东部地区区域大暴雨的作用^[5]。

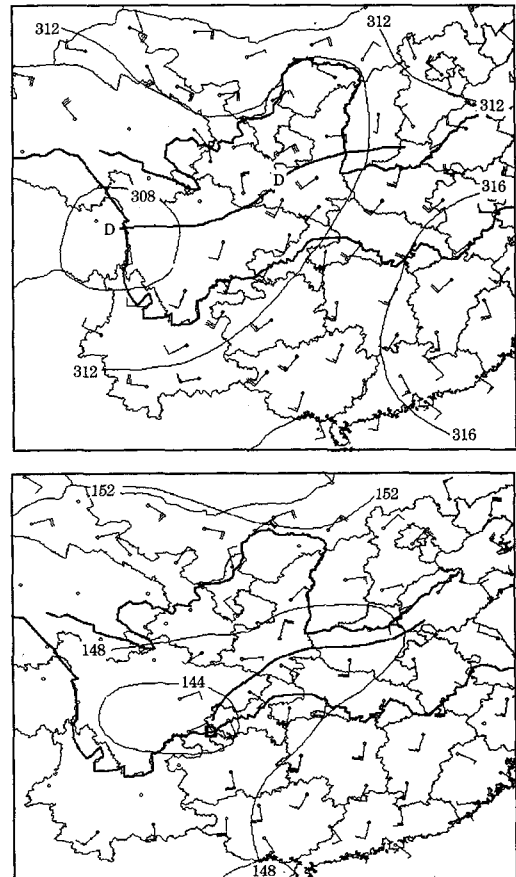


图2 2003年8月28日20时700hPa(a)和850hPa(b)高空图

3 物理量分析

3.1 能量场

28日20时 θ_{se} 场上, $850\sim 500\text{hPa}$ 陕西中南部都存在着一个高能舌。其中暴雨区 850hPa θ_{se} 值在 $80\sim 85^{\circ}\text{C}$ 之间; 700hPa θ_{se} 值在 $75\sim 80^{\circ}\text{C}$ 之间; 500hPa θ_{se} 值为 80°C 。从位势稳定度来看, 暴雨区 $\Delta\theta_{se(500-850)} < 0$, 有

利于对流的发生。

3.2 涡度场和散度场

28日20时,暴雨区上空850~500hPa为正涡度区,在700hPa量值最大,为 $3 \times 10^{-5} \sim 4 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。500hPa以上为负涡度区,最大量值在200hPa,为 $-5 \times 10^{-5} \sim -6 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。29日08时,暴雨区上空850~600hPa为正涡度区。正涡度值上升到500hPa高度,有利于对流的发展。

28日20时,暴雨区上空850~700hPa为辐合区,最强辐合在850hPa以下层,量值为 $-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。700~300hPa为辐散区,但辐散很弱,量值为 $0 \sim 1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。300hPa以上却为辐合区,量值为 $0 \sim -1 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。29日08时(图3a),暴雨区上空850~700hPa仍为辐合区,量值为 $-3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。700~300hPa为辐散区,量值比28日20时稍有增大,为 $1 \times 10^{-5} \sim 2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。250hPa以上均为辐合区,量值为 $-1 \times 10^{-5} \sim -2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,比28日20时有所增大。

这次过程发生在低层辐合、高层也辐合的情况下,比较少见。虽然这种配置不利于强对流发生,或者说抑制了强对流的发生,但是弱对流还是能发生发展。一般情况下,弱对流不足以产生特大暴雨所需的动力条件,因此只有在特殊情况下如低层水汽通量辐合非常强大,才有可能产生特大暴雨。

3.3 垂直速度

28日20时,暴雨区上空上升运动主要发生850~250hPa,最大速度位于600~400hPa之间,量值为 $-3 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。陕南地区上空普遍为上升气流,但宁陕上空并不突出。29日08时(图3b),暴雨区上空850~300hPa为上升运动,量值为 $-2 \sim -3 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。300hPa以上为下降运动,量值为 $2 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

通过对垂直速度的分析,证实了宁陕暴雨区上空上升运动达到的高度在300hPa附近,最大上升速度也不强,是一次对流相对比较弱的过程。尤其是在29日08时后,暴雨区300hPa上空的下降运动已经比较强了,但

弱对流仍然引发较长时间的强降水。从这个意义来讲,特大暴雨或短时大暴雨对垂直运动的要求不是绝对的。

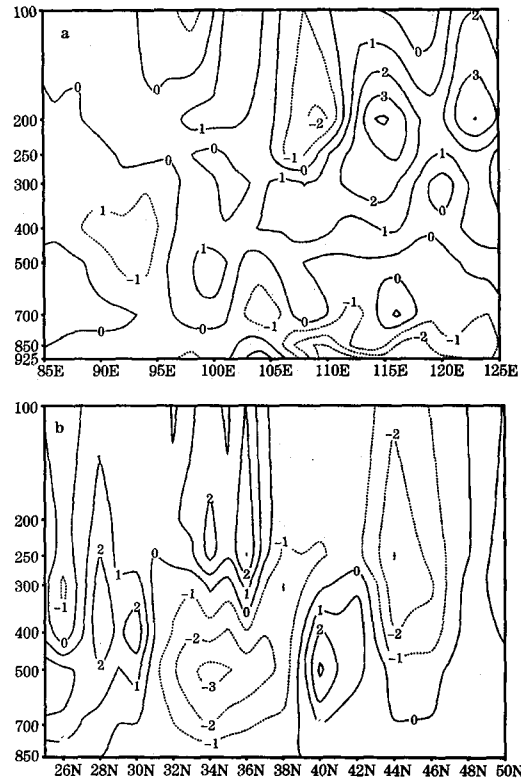


图3 2003年8月29日08时沿33°N散度(a)(单位: 10^{-5} s^{-1})和沿108°E垂直速度(b)(单位: $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)剖面图

3.4 水汽条件

28日20时水汽通量图上,700hPa南风急流为陕西南部和中部分带来充沛的水汽,水汽通量矢量图上在陕西南部为 $80 \sim 100 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。850hPa水汽通量矢量图上(图4a),主要是东南路水汽通道向陕西中南部输送水汽,沿南海—长沙—武汉—安康,是这条水汽通道量值较大区,最大值在宜昌以南为 $160 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,宁陕为 $100 \sim 120 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由于这个水汽通量大值是向西北方向输送,宁陕上空的水汽通量不断加大,为强暴雨提供了充沛的水汽。与此同时,来自东北方向的冷湿气流和来自西北方向的干冷气流与东南暖湿气流交汇在

陕南中部,即宁陕附近。

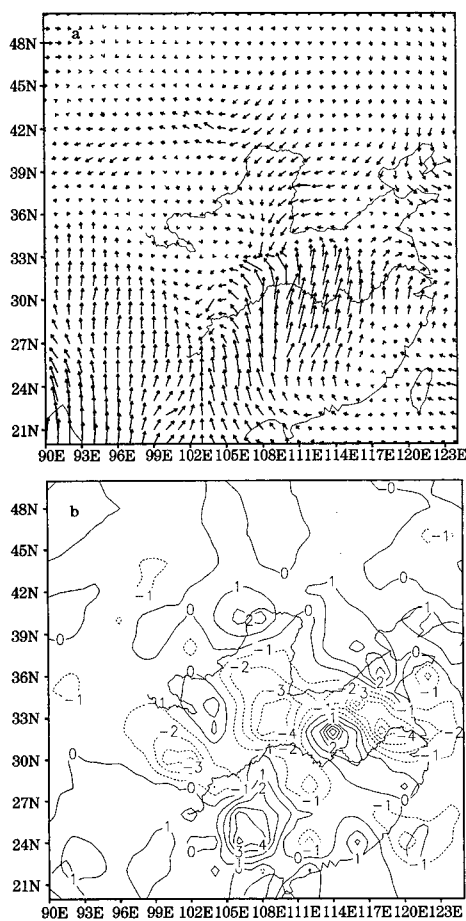


图4 2003年8月28日20时850hPa水汽通量图(a)(单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和29日08时的850hPa水汽通量散度(b)(单位: $10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

29日08时陕南受一股很窄的干冷空气影响,850hPa宁陕上空水汽通量值减少,但宁陕两侧仍有大量的水汽向宁陕辐合,东北和东南方向水汽通量大值在 $80\sim 160\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

从各层的水汽通量散度来看,28日20时至29日08时陕西中南部500hPa和700hPa均为正值,说明这两层水汽对宁陕暴雨没有贡献。28日20时850hPa陕西中南部水汽通量散度量值为 $-4\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,水汽强辐合中心与暴雨区相对应。29日08时的850hPa水汽通量散度辐

合中心仍在陕南东南部(图4b),陕西东南部量值为 $-4\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,与暴雨区相对应。850hPa水汽强辐合表明低空850hPa偏东和东南气流带来的水汽是宁陕特大暴雨的贡献者,南海和东海是这次过程水汽的主要源地。

在动力条件不是很好的情况下,850hPa强水汽辐合也能造成特大暴雨。来自西北、东北、东南方向的,代表着不同属性的几股气流相聚在宁陕上空,特别是携带大量水汽的东北和东南气流与其它携带冷空气的气流对吹,使得降水效率得到极大提高。水汽通量散度量值达到 $-4\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,覆盖的区域比较大,可以认为是强水汽辐合。

4 结 语

(1) 宁陕特大暴雨是在陕西“L”型秋季连阴雨的典型形势下产生的。500hPa不断有西风带小槽东移,弱冷空气和来自热带海洋的暖湿气流交汇在陕南地区,给局部地区带来特大暴雨天气。

(2) 虽然高空形势不利于强对流发生发展,但低层(700hPa~850hPa)陕西中南部低涡倒槽的发生发展,它的作用类似于台风倒槽。低涡倒槽辐合线附近存在强烈的辐合运动,同时也带来大量的水汽,非常有利于区域性暴雨的产生。

(3) 宁陕特大暴雨发生在低层辐合、高层辐合,不利于强对流发展的弱对流环境中。850hPa来自东北、东南方向不同属性的几股气流相聚在宁陕上空,强大的水汽通量辐合也能造成特大暴雨。

参考文献

- 1 郁淑华. 诱发泥石流灾害的四川盆地大暴雨过程分析. 气象, 2002, 28(8): 251~288.
- 2 沈武. “99.9.4”突发性局地特大暴雨中尺度分析. 气象, 2000, 26(11): 34~39.
- 3 赵世发, 王俊, 周军元. 陕南两次罕见的特大暴雨对比分析. 气象, 2001, 27(10): 28~31.
- 4 方建刚, 白爱娟. 陕西省一次秋季连阴雨过程的天气动力学分析. 大气科学研究与应用, 2003, 1: 9~15.
- 5 钱维宏, 沈树勤. 大气中的对流和结构. 北京: 气象出版社, 1996, 140~146.

A Diagnostic Analysis of a Local Heavy Rainfall Event in Weak Convection Condition

Liu Yong Wang Chuan

(Shaanxi Meteorological Observatory, Xi'an 710015)

Abstract

A local heavy rainfall event in Ningshan, Shaanxi Province on 28—29 August 2003 is diagnosed. The results show that the event occurred in a weak convection condition with convergence at high and low-level against strong convection. Vortex and inverted trough at 850hPa to 700hPa supplied plentiful vapor and powerful updraft. Several air currents from different way with different characters encountered in Ningshan, strong vapor convergence is a main factor of this event.

Key Words: weak convection heavy rainfall vortex inverted trough vapor convergence