

文章编号 :1006-7639(2004)-02-0028-04

2003 年 7 月 22 日漳县大暴雨强对流天气过程分析

魏 锋^{1,2} 杨金虎² 高 鹏² 肖万有² 郭俊文²

(1. 南京气象学院, 江苏 南京 210044 2. 定西市气象台, 甘肃 定西 743000)

摘 要 利用 MICAPS 常规资料, 从大尺度环流背景入手, 用物理量诊断分析方法, 对 2003 年 7 月 22 日下午 16 时 20 分至 19 时 10 分发生于漳县县城的有气象记录以来最强的一次大暴雨、冰雹强对流天气过程进行诊断和分析, 探讨漳县大暴雨天气的成因, 结果表明: 副高西伸北抬, 北方冷空气南下及高原低槽切变东移是这次天气过程的主要环流背景。分析这种环流形势的物理量场三维结构特征, 发现物理量场对暴雨的临近预报有较好的指示意义。

关键词 暴雨, 物理量, 诊断分析

中图分类号: P458.1

文献标识码: B

引 言

西北地区是我国年雨量最少的地区, 也是各种降雨日数最少的地区。除了陕西省南部, 西北地区其他地方日雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的年平均日数远 < 1 。从相对强度即暴雨量与年平均雨量之比来说, 西北区是我国暴雨最强的地区^[1]。这种历时短, 强度大的暴雨, 在山间峡谷地带极易造成局地洪水和泥石流, 是西北地区暴雨危害的主要形式。2003 年 7 月 22 日下午 14 时到 20 时, 甘肃中部、南部、陇东及宁夏西海固地区出现大范围强对流性天气, 强降水中心在甘肃的漳县、岷县、武山、陇西一带, 漳县 6h 降水量 106mm, 岷县蒲麻乡 72mm, 武山 33mm, 陇西 19mm, 其中漳县 1h 降水量达 100mm, 并伴有长达 28min 冰雹 (冰雹最大直径 7mm)。1h 降水量之大创甘肃之最, 为西北地区罕见。强烈的暴雨引发山洪、泥石流, 造成漳县 6 人死亡, 岷县 3 人死亡, 冲毁道路、桥梁多处, 城区电力、通讯、交通一度中断受阻, 仅漳县各项直接经济损失达 3 749 万元。

陶诗言先生 2004 年 3 月在全国重大天气过程总结和预报技术经验交流会上的报告中指出: “预报员接触的一般性降水比较多, 而预见突发性强天气的机会不多, 比较缺乏预报经验。”为了认识这次强对流天气过程的物理机理, 以期今后的突发性强对流天气的预报提供有效依据, 本文利用 MICAPS

常规资料, 从大尺度环流背景入手, 用物理量诊断分析方法, 分析了这次强对流天气过程的动力学特征。

1 大尺度环流背景分析

500hPa 高空图上, 7 月 20 日亚欧高纬度环流形势为: 欧洲为一高压脊, 乌拉尔山为低槽区, 并有 -25°C 的冷中心相配合。我国东北地区以北为 5 800gpm 的高压, 其脊线向西倾斜。与此对应的中低纬环流形势为: 青藏高原到新疆为弱脊, 东部为西太平洋副热带高压, 其 5 880gpm 线西侧刚刚达到 122°E 。两高之间的切变区呈西南东北走向, 位于陇东、陇南一带。我国北部边境线一带为一东西向的低槽切变区。7 月 21 日, 高纬度环流形势变化不大, 在中低纬, 西太平洋副热带高压西伸北抬明显, 5 880gpm 线西端西伸幅度达 5 个经度之多, 但甘肃大部仍处于西北气流控制之中。7 月 22 日, 乌拉尔山低槽明显向东南方向扩展, 其前部不断有冷空气东移南下, 致使甘肃河西到蒙古一带出现 -15°C 的冷中心。而西太平洋高压继续西伸北抬, 青藏高压略有西退, 两高之间的低槽切变区位于民勤、西宁、玉树一带, 定西市处于副高西侧的西南暖湿气流之中, 沿此西南气流有较强的水汽输送带, 为暴雨、冰雹天气的维持提供了充足的水汽来源 (图 1)。20 时两高之间的低槽切变移至榆中平凉之间, 降水基本

结束。

700hPa 图上,亚欧高纬度地区环流形势与 500hPa 基本一致,而位于中纬度地区的甘肃中南部 20 日受小高压控制,21 日 20 时,控制甘肃中南部的小高压移向陕西,此小高压东南侧与西太平洋副高之间有一条西南、东北向的狭长切变线。22 日 08 时,随着西太平洋副高的西伸北抬,青藏高原东侧已转为宽广的偏南气流,高层冷空气与低层偏南气流在甘肃中部地区一带叠加,造成整层大气不稳定。对应地面图上,20 日 08 时新疆天山一带有一冷锋,14 时此锋面移入甘肃境内,21 日 08 时到 14 时,锋面移到并稳定在甘肃乌稍岭一线,22 日 14 时由于西太平洋西侧暖湿气流的西进,锋面减弱为一地面切变,漳县位于此切变中心。

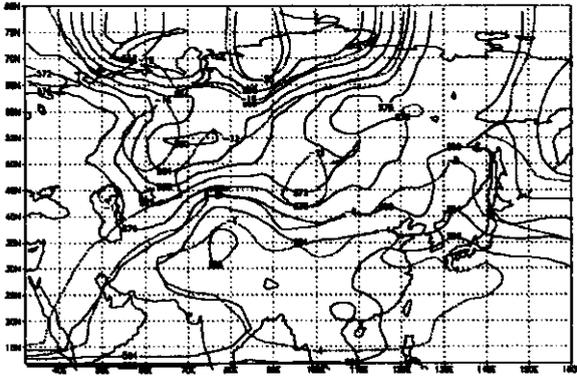


图 1 2003 年 7 月 22 日欧亚 500hPa 高空形势图
Fig. 1 500hPa synoptic chart over Europe and Asia on 22 July 2003

综上所述,此次大暴雨强对流天气过程,是由于中、高纬天气系统相互作用的结果。一方面,西太平洋副热带高压的西伸北抬为大暴雨天气过程提供了充足的水汽来源;另一方面,在乌拉尔山冷槽中不断有冷空气分裂南下,冷暖空气在上空交汇,加大了气层的不稳定度。同时,地面与对流层中部切变辐合为大暴雨天气过程提供了动力因子。

2 物理量诊断分析

为充分认识这次强对流天气形成的物理机制,应用 7 月 21~22 日 08、20 时 MICAPS 常规资料,分析 30°~40°N, 95°~115°E 区域各种物理量,发现散度、涡度、垂直速度、水汽通量散度等物理量因子在大暴雨开始前 8h 即 22 日 08 时有明显的征兆,21 日 08、20 时物理量因子反映不明显。因此,物理量因子在暴雨临近预报中有重要的参考价值。

2.1 水汽条件因子

大暴雨的产生需要本地上空有大量水汽和源源不断的水汽输送,本地上空要有一个水汽的积累过程。而水汽的净输送由平流项和辐散项组成。西北地区暴雨前 12~24h 或更早的时间里,往往仅由平流作用汇集水汽,暴雨临近时,流场辐合引起的汇集水汽作用迅速增长^[2]。在过程开始前的 21 日 20 时 700hPa 图上,仅在陕西小高压的西侧存在范围很小的西南气流区。22 日 08 时,青藏高原东侧变为一致的偏南气流,在此西南气流带的西侧边缘有一支温度露点差 < 5℃ 的湿舌伸向甘肃中南部,甘肃中南部温度露点差从最小的 11℃ 降至 2.5℃。对流层中部 500hPa 甘肃中南部一带水汽也明显增加,以离暴雨区最近的榆中站为例,温度露点差从 12℃ 降至 3.6℃。由此可见暴雨强对流天气需要的水汽输送带 22 日 08 时业已建立。分析 700hPa 水汽通量散度(图 2)可以看出,对流层中下部以暴雨区为中心

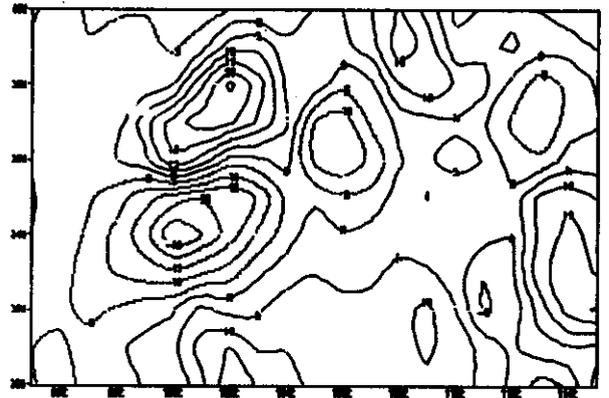


图 2 7 月 22 日 08 时 700hPa 水汽通量散度场
(单位: $10^{-5} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)
Fig. 2 Moisture flux divergence field at the level of 700hPa at 08:00 July 22, 2003

沿西南、东北方向有一条较强的水汽辐合带,最大辐合中心为 $-2.1 \times 10^{-5} \text{g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。从垂直分布来看,水汽辐合主要集中在 500hPa 以下。说明副高西侧低层西南暖湿气流源源不断的涌入辐合区,为暴雨的产生和维持提供了足够的水汽,水汽凝结释放的潜热又成为驱动大尺度扰动所需要的能量。

2.2 动力条件分析

分析 22 日 08 时暴雨区附近散度分布发现,漳县上游地区对流层中下部有一强辐合中心(图 3),最大辐合中心在 700hPa 位于 100°E, 35°N 附近,最大值达 $30 \times 10^{-5} \text{s}^{-1}$,而在 400hPa 以上则表现为辐散,20 时后,辐合中心偏东移过漳县(图 4)。22 日

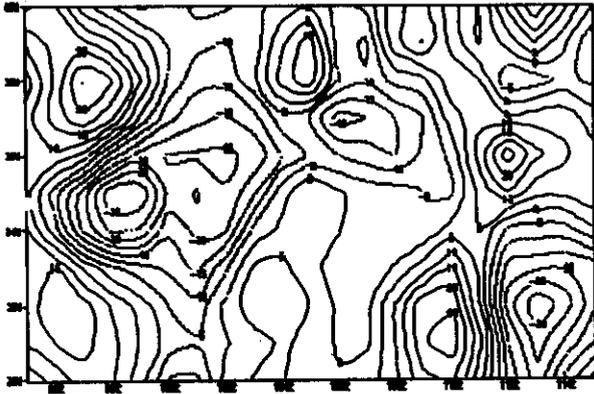


图3 7月22日08时500hPa散度场
(单位: $10^{-5} s^{-1}$)

Fig.3 Divergence field at the level of 500hPa
at 08:00 July 22, 2003

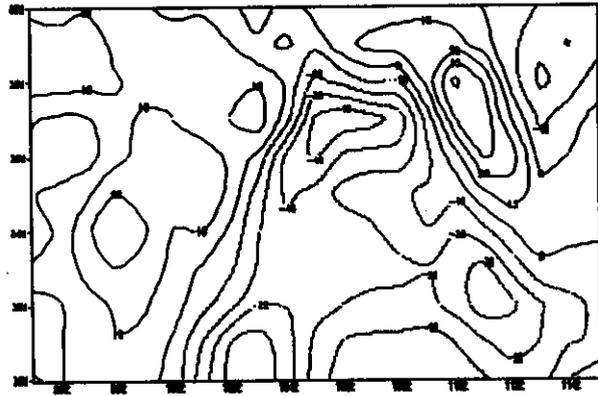


图4 7月22日20时500hPa散度场
(单位: $10^{-5} s^{-1}$)

Fig.4 Divergence field at the level of 500hPa
at 20:00 July 22, 2003

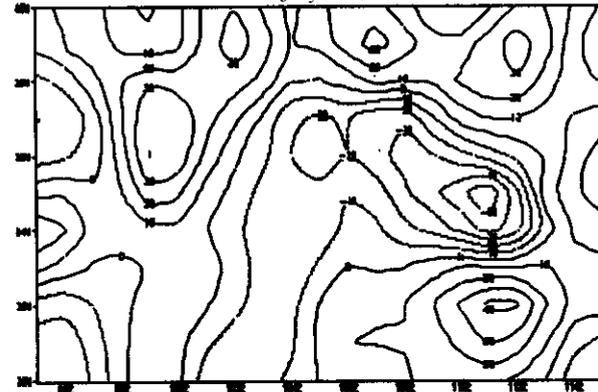


图5 22日08时500hPa涡度场
(单位: $10^{-5} s^{-1}$)

Fig.5 Vorticity field at the level of 500hPa
at 08:00 July 22, 2003

08时500hPa正涡度中心区位于青海都兰、西宁之间,其两侧各有一负涡度区,且东侧负涡度区远远大于西侧负涡度区(图5),其原因是东侧为西太平洋

副热带高压,而西太平洋副热带高压是一个强大的辐散下沉区。20时正涡度中心移至定西市,但正负涡度的分布基本未变(图6)。

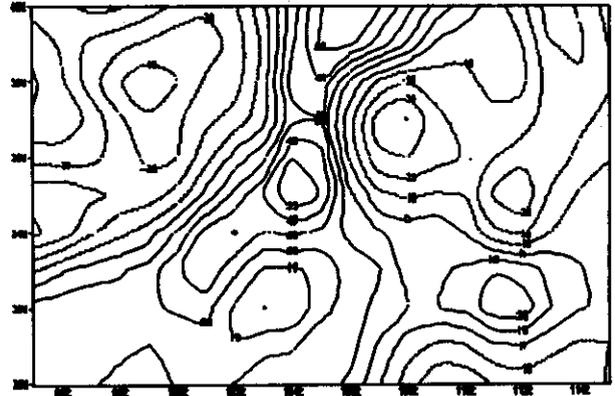


图6 22日20时500hPa涡度场
(单位: $10^{-5} s^{-1}$)

Fig.6 Vorticity field at the level of 500hPa
at 20:00 July 22, 2003

持续而强烈的上升运动是产生暴雨的必要条件之一^[3],分析500hPa垂直速度分布,可以看出,上升运动中心位于高原低槽切变东侧,西太平洋副热带高压西侧,其最大值在 $-40 \times 10^{-4} hPa \cdot s^{-1}$ 以上(图7)。沿 $35^{\circ}N$ 作 $100^{\circ} \sim 110^{\circ}E$ 的剖面分析(图略),发现 $98^{\circ} \sim 106^{\circ}E$ 之间,对流层存在整层上升运动,在对流层中部500hPa达到极大值,这种形势有利于水汽向上输送,形成深厚湿层,激发强对流云发展。

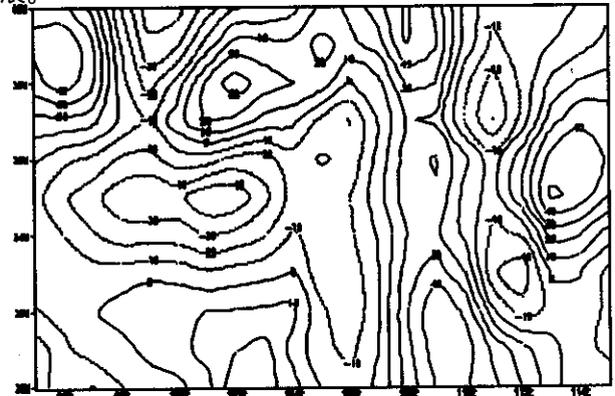


图7 7月22日08时500hPa垂直速度
(单位: $10^{-4} hPa \cdot s^{-1}$)

Fig.7 Vertical velocity at the level of 500hPa
at 08:00 July 22, 2003

从上述散度、涡度及垂直速度的分布可以看出,中低层辐合上升,且垂直运动上升区的东、西两侧存在补偿下沉区,而东侧的补偿远远大于西侧补偿,也就是说上升运动主要靠副高西侧暖湿气流的补充才

得以维持,水汽凝结释放的潜热又成为驱动大尺度扰动所需要的能量,结合定西市一带 22 日 14 时地面切变与卫星云图演变,可以断定,在高压切变东移过程中,有中尺度扰动生成,从而进一步增强上升运动,产生大暴雨。

3 小 结

(1)这次大暴雨天气过程,是由于中高纬天气系统相互作用的结果。西太平洋副热带高压的西伸北抬为大暴雨天气过程提供了充足的水汽来源,乌拉尔山冷槽不断分裂南下的冷空气与低层暖湿气流在我市上空交绥,加大了气层的不稳定度。地面与对流层中部低槽切变的东移触发中尺度扰动,加大了局部上升运动,引发强暴雷天气过程。

(2)暴雷区附近对流层中下部散度分布与水汽通量散度分布基本一致,水汽辐合主要发生在 700hPa 以下,散度场的垂直分布表现为对流层上部

辐散,中下部辐合,抽吸作用明显,辐合补偿以东侧暖湿气流为主。

(3)暴雷区上游对流层存在整层上升运动,有利于水汽向上输送,形成深厚湿层,激发强对流云发展。上升运动中心位于高原低槽切变东侧,西太平洋副热带高压西侧,其最大值在 $-40 \times 10^{-4} \text{hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上,足以产生中尺度扰动,引起大暴雨。

(4)垂直运动上升区的东、西两侧存在补偿下沉区,且东侧补偿远远大于西侧补偿,即上升运动主要靠副高西侧暖湿气流的补充才得以维持,从而为暴雨天气形成提供了水汽条件。

参考文献:

- [1] 白肇烨,徐国昌,孙学筠,等.中国西北天气[M].北京:气象出版社,1988.202-257.
- [2] 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,1981.245-266.
- [3] 董晓敏,田盛培.天气诊断分析方法简介[M].北京:气象出版社,1986.113-232.

Diagnostic Analysis of a Torrent Rain on July 22 in 2003 in Zhangxian

WEI Feng^{1,2}, YANG Jin-hu², GAO Peng², XIAO Wan-you², GUO Jun-wen²

(1. Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, China 2. Dingxi Meteorological Bureau, Gansu Dingxi 743000, China)

Abstract: A heavy rain and hail event occurred in Zhangxian county from 16:20 to 19:10 on July 22, 2003. Starting from the circulation background of large scale and using diagnostic analysis of physics quantities, we discussed the main causes of the heavy rain. The results show subtropical high towards northwest, cold wave from north towards south, lower-trough and shear of Qinghai-Xizang plateau are the main circulation background of this event. By analyzing the three-dimensional construction physics field of the circulation, it shows physics field has leading value to forecast nearly heavy rain.

Key Words: heavy rain, physics quantities, diagnostic analysis