

武麦凤,梁生俊,李春娥.渭河流域三次暴雨过程水汽和上升运动的垂直结构比较[J].暴雨灾害,2010,29(3):245-250

渭河流域三次暴雨过程水汽和上升运动的垂直结构比较

武麦凤¹,梁生俊²,李春娥³

(1.陕西省渭南市气象局,渭南 714000;2.陕西省气象台,西安 710015;3.陕西省咸阳市气象局,咸阳 712000)

摘要:利用常规高空观测资料和 NCEP/NCAR 6 h 再分析资料等,着重从水汽和上升运动的垂直结构上对发生在渭河流域的三次致灾暴雨过程进行了比较分析。结果表明:三次暴雨过程具有相似的水汽通量散度场垂直结构,即低层辐合、中层或高层辐散,但低层辐合远大于其上层辐散,低层强水汽通量辐合不仅为暴雨区提供了充沛水汽,也导致并促使水汽在垂直方向上从低层向高层输送,从而增强大气垂直上升运动发展;600 hPa(或 400 hPa)水汽辐合或辐散突然增强,预示降水强度将增大,其突然减弱,则标志着强降水趋于结束;三次暴雨过程中,强降水主要出现在整层上升运动形成前后和 450 hPa 附近垂直上升运动增强最快时段内。

关键词:暴雨;渭河流域;水汽通量;水汽通量散度;垂直上升运动

中图分类号:P458.1*21.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2010)03-0245-06

1 引言

渭河流域位于 100°—115°E、32.5°—40°N 之间,以及青藏高原东侧、中国中西部内陆腹地;秦岭山脉横亘其南部,东西狭长,北岸苔原山地错综,地形地貌十分复杂,生态环境非常脆弱。在渭河流域降水相对较丰的夏季,暴雨及其引发的洪涝、山洪、泥石流等次生灾害常有发生。近年来,随着社会经济的不断发展,暴雨带来的经济损失越来越严重。2003 年以来,渭河流域出现多次造成较大社会影响的暴雨过程。如 2003 年 8 月 28—29 日渭河全流域出现强降水(以下简称“03.8”暴雨过程),造成直接经济损失仅渭河下游就约达 40 亿元;2006 年 6 月 2—3 日渭河流域中游出现大范围暴雨(以下简称“06.6”暴雨过程),因其出现时间早、范围大、突发性强,为当地有气象记录以来所罕见;2007 年 8 月 8—9 日渭河流域发生暴雨(以下简称“07.8”暴雨过程),暴雨主要出现在流域中游,强降水为强对流系统造成,因其发展迅猛、强度大,致使渭河中上游地区发生严重山洪、滑坡、泥石流、城市内涝和雷电、冰雹、大风等灾害,据不完全统计,此次过程造成直接经济损失约 5.8 亿元。

为了在预报服务中更好地把握和预报暴雨过程,最大程度减少灾害损失,近年来,渭河流域内气象工作者在暴雨成因及其形成机理等方面,做了大量有益的研究工作。武麦凤等^[1-2]从水汽和动力场入手,分析渭河流域致洪暴雨,认为该流域致洪暴雨过程的水汽

通道与西太平洋副热带高压位置存在明显相关性,且强降水地区低层水汽含量在降水前 6~12 h 出现峰值,强降水出现在高层比湿峰值附近;梁生俊^[3]使用天气学诊断方法,对“03.8”暴雨过程进行综合分析,认为西太平洋副热带高压加强西伸和稳定强盛有利于渭河流域强降水持续,暴雨上空高层辐散、低层辐合的散度结构与强烈上升运动以及形成的中尺度次级环流有利于暴雨维持;王旭仙等^[4]从渭河流域暴雨洪水灾害特征入手,分析了流域致洪暴雨在雨情、水情、灾情等方面的演变特征。针对长江流域^[5-7]、华南地区^[8-9]和西北地区东部^[10-12]的类似研究,均取得很多有价值的成果。相比之下,渭河流域大范围暴雨对比分析,特别是水汽和上升运动垂直结构上的对比分析还较少见。因此,本文从预报服务角度出发,对“03.8”、“06.6”、“07.8”三次造成重大自然灾害和经济损失的流域性暴雨过程的水汽和上升运动垂直结构进行比较,配合大尺度环流形势场演变分析,试图寻求有利于渭河流域暴雨形成的环流形势以及暴雨水汽通量以及上升运动垂直结构的特点和演变规律,以期为该流域开展防灾减灾决策气象服务提供参考依据。

2 资料说明

本文在对渭河流域三次暴雨过程的天气形势和降水实况进行分析时,使用了常规气象高空观测资料和国家气象观测站提供的降水资料;在对三次暴雨过程的水汽通量、水汽通量散度与垂直速度等动力学特

收稿日期:2010-07-23;定稿日期:2010-08-16

资助项目:中国预报员专项基金项目“渭河流域暴雨中尺度分析”

作者简介:武麦凤,女,1972 年生,高级工程师,主要从事天气预报及其科研工作。E-mail: weiwnmf@sina.com

征进行计算分析,以及总结渭河流域暴雨天气学和动力学异同点时,使用了 NCEP/NCAR 提供的每 6 h 一次的 $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 再分析资料;灾情资料来自当地民政局提供的受灾数据以及各气象台站上报的灾情材料。

3 降水实况及环流背景

3.1 降水实况

从东西方向上划分,渭河流域的上游位于 $106^{\circ}-108^{\circ}\text{E}$,中游位于 $108-109^{\circ}\text{E}$,下游位于 $109-111^{\circ}\text{E}$,其南北范围在 $33^{\circ}-36^{\circ}\text{N}$ 。图 1 是“03.8”、“06.6”、“07.8”三次暴雨过程的降水量分布图。

从图 1a 中可见,“03.8”过程,渭河流域内降水量北多南少,东西向上游、中游和下游各有一强降水中心;从降水时间变化上看(图略),当年 8 月 28 日流域内以中雨到大雨为主,个别站点出现暴雨,29 日流域内出现区域性暴雨,强降水集中时段在 29 日 02—12 时(北京时,下同),且强降水出现区域与总降水量分布基本一致。

从图 1b 中可见,“06.6”过程,强降水主要出现在渭河中游的渭北地区,流域内自北向南降水量逐渐减小,降水中心位于渭河中游咸阳与铜川之间;强降水集中在当年 6 月 2 日 22 时至 3 日 05 时(图略)。

从图 1c 中可见,“07.8”过程,降水分布极不均匀,降水落区主要分布在渭河中游,咸阳、宝鸡东部出现区域性大暴雨或特大暴雨,大暴雨区分布在渭河沿岸,东西长约 150 km,南北跨度 80 km。降水主要时段集中在当年 8 月 8 日 19 时至 9 日 03 时(图略),过程累计降水量最大出现在礼泉,24 h 降水量达 207.8 mm;1 h 降水量最大出现在高陵,达 92.1 mm。

综上所述,相对“03.8”、“06.6”过程,“07.8”暴雨过程降水强度大、范围小且强降水主要集中在渭河沿岸,从降水中心到流域边界,降水量水平梯度很大。

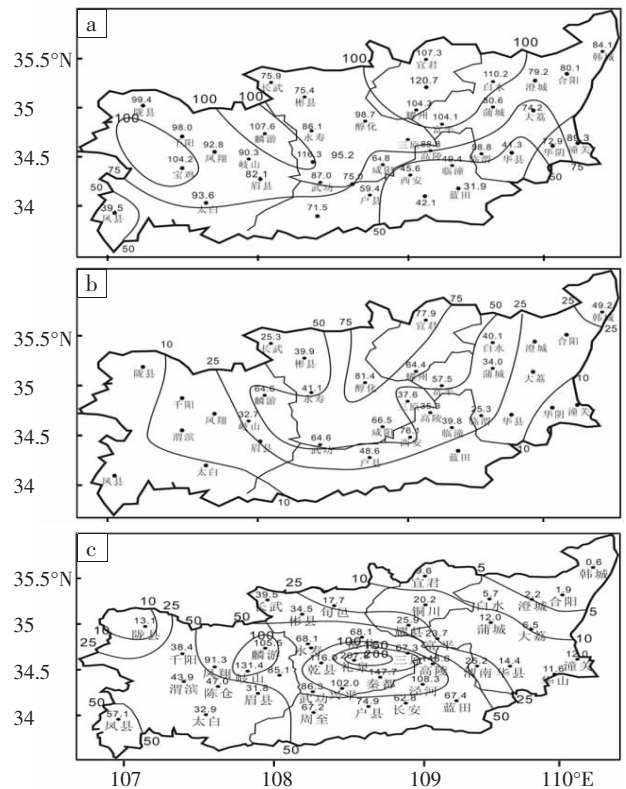


图 1 2003 年 8 月 28 日 20 时至 29 日 20 时(a)、2006 年 6 月 2 日 20 时至 3 日 20 时(b)、2007 年 8 月 8 日 20 时至 9 日 20 时(c) 渭河流域降水量分布图(单位: mm)

2.2 环流背景

通常情况下,暴雨过程发生在有利的大尺度环流背景形势下。通过对“03.8”、“06.6”、“07.8”三次暴雨过程发生前中高纬和低纬度地区对流层低层、中层和高层环流形势的详细分析,归纳出了三次暴雨过程高低纬度的主要影响系统以及渭河流域与中纬度西风带各影响系统之间的相对位置(表 1)。

从表 1 中可看出,“03.8”过程的环流形势是中国夏季洪涝天气发生的一种典型环流特征^[13-14],其主导系统是东北低涡和副热带高压,500 hPa 西风槽和

表 1 “03.8”、“06.6”、“07.8”暴雨过程中渭河流域(WB)和影响系统的对应关系

纬带 (系统)	高度/ hPa	三次暴雨过程开始前的时次		
		2003 年 8 月 28 日 20 时	2006 年 6 月 2 日 20 时	2007 年 8 月 8 日 20 时
中高纬 (环流系统)	500	两槽一脊型,乌山阻高,东北低涡	贝湖低涡,东北高压脊	一槽一脊型,贝加尔湖低槽,东北高压脊
	300	WB 位于高空急流右侧	WB 位于高空急流右侧	WB 位于高空急流右侧
中纬度 (西风带系统)	500	WB 位于西风槽前	WB 位于短波浅槽前	WB 位于短波浅槽前
	700	WB 位于低涡中和西南急流左前方	WB 有风速辐合,无低空急流	WB 位于气旋性环流前,无低空急流
	850	WB 位于切变线附近和东风急流左前方	WB 位于弱切变附近,无低空急流	无急流,无切变
中低纬 (副热带系统)	500	副热带高压东退($105^{\circ}-109^{\circ}\text{E}$)	副热带高压很弱	副高东退($108^{\circ}-110^{\circ}\text{E}$),广东沿海有台风登陆

700 hPa 低涡是暴雨的直接影响系统。“06.6”、“07.8”过程暴雨形势不典型,但这两次过程具有相似性:1)两次过程发生时,高纬度渭河流域北侧及其上游都为宽广低槽区,有弱冷空气经华北平原向渭河流域回流;2)两次过程发生时,渭河流域均处于高空急流右侧的强辐散区内;3)中纬度西风带影响系统都较弱,低层无明显的低值系统;4)直接影响系统相似,均为弱冷空气和低层辐合,“06.6”过程为风速辐合,“07.8”过程为气旋性环流辐合。两次过程的最大区别是,“07.8”过程有副热带系统(副高和登陆台风)参与,而“06.6”过程则无。

上述分析结果表明,“06.6”、“07.8”过程中,虽然对流层高层渭河流域都处于高空急流右侧的强辐散区,但低层并无很强或很明显的低值系统配合,显然低层辐合较弱,中高纬地区也无强盛冷空气补充。因此,从大尺度环流形势上似乎很难解释这两次过程的降水强度为何如此之强、降水范围为何如此之大。所

以,为了从动力学方面寻找一些可能的原因和预报着眼点,有必要利用 NCEP/NCAR 间隔 6 h 一次的 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 再分析资料等,对上述三次过程的水汽条件和动力条件进行分析。

3 暴雨动力条件垂直结构分析

暴雨形成的基本条件是充沛的水汽供应和强烈的上升运动^[5]。当然,这种有利于强降水的条件持续时间越长,总的降水量就越大。本文从暴雨形成的两个基本条件即水汽和垂直运动出发,分析渭河流域致灾暴雨过程形成的动力特征。

3.1 水汽条件

3.1.1 水汽水平输送与汇集

水汽通量反映水汽的来源,水汽通量散度反映水汽的辐合强度。图 2 是“03.8”、“06.6”、“07.8”三次过程降水最强时段内 850 hPa 水汽通量和水汽通量散度叠加图。

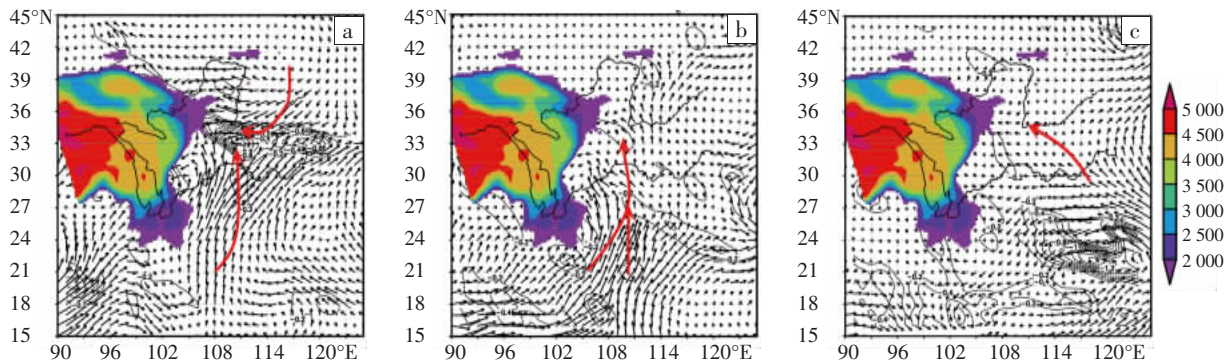


图 2 2003 年 8 月 29 日 08 时(a)、2006 年 6 月 3 日 02 时(b)、2007 年 8 月 8 日 20 时(c)

850 hPa 水汽通量(黑色箭头)和水汽通量散度(等值线)叠加图(阴影为高原地形)

红色箭头线表示水汽通道。单位:水汽通量 $g \cdot (cm \cdot hPa \cdot s)^{-1}$,水汽通量散度 $10^{-7} g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$,地形 m

从图 2a 中可见,“03.8”过程水汽源地主要有两个:一是由于东北冷涡的存在,其底部的辐散气流将渤海的水汽输送到渭河流域;二是来自南海和孟加拉湾的水汽在副热带高压西侧汇合,形成很强的南风急流^[6],将水汽输送到渭河流域。这两个水汽源经过不同路径,将水汽源地不断输送到渭河流域,并在该流域形成强烈的水汽通量辐合,其中心最大水汽通量散度为 $-0.8 \times 10^{-7} g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ 。充足的水汽来源和畅通的水汽通道为渭河流域输送充沛水汽,使得渭河全流域连续两天出现暴雨天气。

从图 2b 中可见,“06.6”过程水汽源地为南海和孟加拉湾,两股气流在进入中国云南之后汇合,被南风或西南风输送到渭河流域。这次过程中水汽通量散度值较小,仅 $-0.2 \times 10^{-7} g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$,图中显示渭河下游不在水汽通量散度辐合区内,实况是渭河下游降水量相对较小。很显然,这次过程水汽来源和水汽辐合

均弱于“03.8”过程的,其降水强度也相应较小。

从图 2c 中可见,“07.8”过程水汽通道是由登陆台风东北侧与副热带高压西南侧之间强盛东南气流带来的,这股气流具有热带系统高能高湿的特点,将副高外围和登陆台风低压附近高能高湿气流输送到渭河流域,给渭河流域带来充沛水汽和能量。降水开始之后,低层水汽通量辐合加强,位于渭河上游南部的强辐合区向中游扩展,其值 $\leq -0.4 \times 10^{-7} g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ 。与前两次过程相比,这次过程水汽通道只有一条,降水最强时段内低层水汽通量辐合强度小于第一次,但由于这次过程有登陆台风参与,其 1 h 降水量远远超过前两次暴雨过程,降水总量也大于另外两次过程,说明与其它系统相比,登陆台风外围输送的暖湿气流引发的降水效率^[7]更高、强度更大。

可见,在相同条件下,水汽通道越多、低层水汽辐合越强,暴雨强度将越大;但如果由登陆台风参与,其

降水强度将大幅增强。

3.1.2 水汽通量散度时空变化特征

地面降水实况资料显示,“03.8”、“06.6”、“07.8”三

次过程的暴雨中心分别在(108°E,34°N),(109°E,35°N)和(108°E,34°N),下同。图 3 是这三次过程的暴雨中心水汽通量散度的时间-高度垂直剖面图。

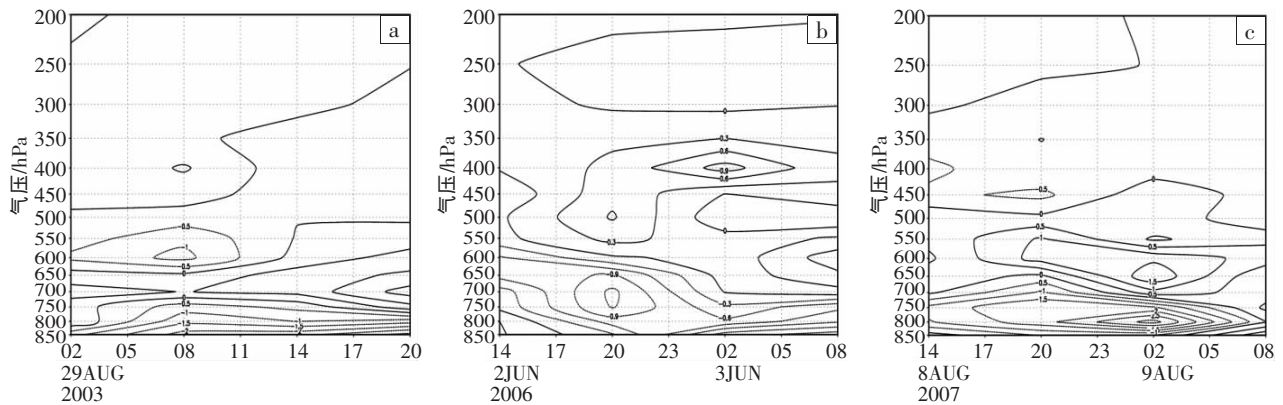


图 3 三次过程分别对应的暴雨中心(108°E,34°N),(109°E,35°N),(108°E,34°N)水汽通量散度时间-高度垂直剖面图(单位: $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)

(a) “03.8”暴雨过程; (b) “06.6”暴雨过程; (c) “07.8”暴雨过程

从图 3a 中可见,降水开始时的 8 月 29 日 08 时,750 hPa 以下一直维持很强的水汽通量辐合,850 hPa 辐合 $\leq -2.0 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。如此强的水汽辐合为暴雨区低层提供了充沛水汽。从图中还可看到,从 29 日 06—09 时,中层 600 hPa 附近也有较强的水汽辐合。结合大气环流形势场(图略)分析发现,该辐合区与 600 hPa 西风槽前西南暖湿气流相对应,因此这一辐合区是中层槽前暖湿气流输送和低层暖湿气流抬升形成的,在高层没有很强水汽辐散,即水汽向上输送动力不足的情况下,这层水汽辐合对抬高水汽上升高度、维持强降水起到很重要的作用。当这层水汽辐合突然减弱甚至消失时,渭河流域强降水逐渐结束。

从图 3b 中可见,虽然降水前低层水汽通量辐合高度逐渐降低,但低层水汽通量辐合和高层水汽通量辐散强度均逐渐增大;到 6 月 3 日 02 时前后,400 hPa 突然形成一水汽通量辐散中心,其中心量值 $\geq 0.9 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,低层 850 hPa 也相应形成强水汽通量辐合,其量值 $\leq -1.5 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。这种水汽通量低层强辐合、高层强辐散的垂直结构与一般暴雨水汽通量散度场垂直结构类似,但此次过程低层水汽通量辐合要强得多。可见,400 hPa 水汽通量辐散突然增大,标志降水强度逐渐增大;反之,400 hPa 水汽通量辐散突然减小,标志强降水逐渐结束。

从图 3c 中可见,“07.8”降水过程,750 hPa 以下一直有较强水汽通量辐合,且随时间推移,低层水汽通量辐合逐渐增大,这与“03.8”、“06.6”过程相似。水汽通量垂直变化呈低层辐合、其上辐散结构,水汽通量辐散在 600 hPa(“06.6”过程在 400 hPa)突然增大,对应降水强度增强,反之水汽通量辐散突然减小,强降

水逐渐结束,这仅与“06.6”过程相似。另外,与前两次过程不同的是,本次过程形成的辐合辐散厚度略小。按照文献[15]对垂直速度的计算方法,本次过程垂直上升速度要远小于“06.6”过程,但这次暴雨过程的降水量级远大于“06.6”过程,这也从另一侧面反映了登陆台风外围水汽产生的降水效率很高。

根据水汽通量辐合条件,上述三次过程可分为两种情形:第一种情形是低层和中层均为水汽通量辐合(简称低中层辐合配置,记为 CC 配置);第二种情形是水汽通量低层强辐合、其上强辐散配合(简称低层强辐合其上强辐散配置,记为 CD 配置)。分析这两种配置,其共同点是:1) 低层都有较强水汽辐合;2) 两种配置都能促进大气垂直上升运动,使高层大气水汽含量增大,这是暴雨能够维持的重要条件。

再从预报员角度,分析这两种配置可知:1) 低层 750 hPa 以下维持较强水汽通量辐合是强降水维持的必要条件。2) 600 hPa 或 400 hPa 水汽通量辐合辐散中心对强降水有较好的指示意义:对 CC 配置来说,600 hPa 或 400 hPa 辐合突然增大或减弱,强降水将逐渐增大或逐渐结束;但对 CD 配置而言,600 hPa 或 400 hPa 辐散与降水强度变化的相关性更好,即 600 hPa 或 400 hPa 辐散突然增强,强降水将逐渐增大,反之 600 hPa 或 400 hPa 辐合辐散突然减弱,强降水将逐渐结束。

3.2 垂直运动条件分析

暴雨的发生发展,除了需要有源源不断的水汽输送和水汽在暴雨区大量汇集之外,还需要有另一重要条件,即动力抬升机制。图 4 是“03.8”、“06.6”、“07.8”三次过程暴雨中心的垂直速度时间-高度垂直剖面图。

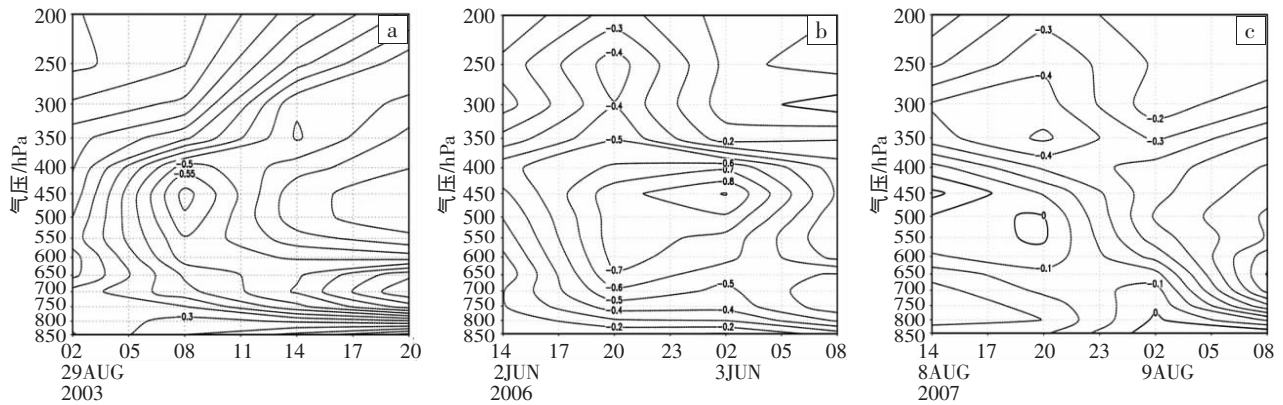


图4 三次过程分别对应的暴雨中心(108°E,34°N),(109°E,35°N),(108°E,34°N)

垂直速度时间-高度垂直剖面图(单位: $\text{Pa}\cdot\text{s}^{-1}$)

(a) “03.8”暴雨过程; (b) “06.6”暴雨过程; (c) “07.8”暴雨过程

从图4a中和图4b中可分析出“03.8”、“06.6”过程的共同点:1)强降水时段内都形成了整层垂直上升运动;2)降水最强时段内,即“03.8”、“06.6”过程分别在当年8月29日02—12时和当年6月2日22时至3日05时内,450 hPa附近形成很强的垂直上升运动中心,其量值 $\leq -0.6 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$;3)450 hPa垂直上升运动速度突然减小,其值演变为 $\geq -0.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上时,强降水将趋于结束。

“07.8”过程的强降水时段为8月8日19时至9日03时。从图4c中可见,相对于“03.8”、“06.6”过程,其垂直速度的垂直变化略有不同:此次过程降水开始前,即8日18时,中层500—550 hPa有很弱的下沉气流,20时强降水开始后,暴雨区上空很快演变为整层垂直上升运动,但垂直速度量值远小于“06.6”过程的。从此次过程垂直速度各层演变可知,暴雨区上空450 hPa附近垂直速度增强最快,当850 hPa附近出现弱的下沉运动、垂直上升运动厚度降低时,强降水逐渐减弱;强降水结束后,450 hPa及以下垂直速度继续增大,这可能是暴雨对环境场的正反馈作用所致,对此问题本文不再深究。

综上所述,在“03.8”、“06.6”、“07.8”三次降水过程的不同时段内,都形成了整层上升运动,强而持续的垂直上升运动为强降水提供了足够的动力抬升动力;450 hPa附近垂直速度变化对降水强度有很强的指示意义,即:当450 hPa垂直上升运动迅速增强时,预示0~6 h内将出现强降水;当450 hPa垂直上升运动迅速减弱且其量值 $\geq -0.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上时,强降水趋于结束。

4 结论

本文从预报服务角度出发,配合大尺度环流形势场演变分析,着重对渭河流域“03.8”、“06.6”、“07.8”三次暴雨过程的水汽和上升运动垂直结构进行了比较

分析,得到如下结论。

(1)一般情况下,水汽通道越多,低层水汽通量辐合越强,暴雨强度越大;当有登陆台风参与时,降水强度会大幅增强,降水总量和降水强度都远远超过其它条件相同的降水过程。

(2)低层750 hPa以下维持较强的水汽通量辐合是渭河流域强降水维持的必要条件。600 hPa(或400 hPa)水汽通量辐合辐散中心对强降水有较好的指示意义:对于CC配置,上层辐合突然增大或减弱,强降水将逐渐增大或逐渐结束;对于CD配置,上层辐散与降水强度变化的相关性更好,即上层辐散突然增强,强降水将逐渐增大,反之上层辐合辐散突然减弱,强降水将逐渐结束。

(3)450 hPa附近垂直速度变化对渭河流域降水强度有一定的指示意义:当450 hPa垂直上升运动迅速增强时,预示渭河流域未来0~6 h内将出现强降水;其突然减弱,量值 $\geq -0.5 \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上时,渭河流域强降水趋于结束。

参考文献:

- [1] 武麦凤,王旭仙,孙健康,等.2003年渭河流域五次致洪暴雨过程的水汽场诊断分析[J].应用气象学报,2007,18(2):225-230.
- [2] 武麦凤.渭河流域“03.8”致洪暴雨的诊断分析.中国沙漠[J],2005,25(增刊):44-47.
- [3] 梁生俊.2003年渭河流域一次致洪暴雨过程综合分析[J].暴雨灾害,2008,27(1):32-36.
- [4] 王旭仙,孙一民,杜继稳,等.渭河流域洪水灾害特征分析[J].灾害学,2003,18(1):42-46.
- [5] 王登炎,周小兰,董全.长江流域特大暴雨云团生成的有利环境条件研究[J].暴雨灾害,2007,26(4):355-360.
- [6] 张庆云,陶诗言,张顺利.夏季长江流域暴雨洪涝灾害的天气气候条件[J].大气科学,2003,27(6):254-268.
- [7] 丁一汇.1991年江淮流域持续性特大暴雨研究[M].北京:气象出版社,1993.

- [8] 陶诗言.1994 年东亚夏季风活动的异常与华南的特大洪涝灾害[M].北京:气象出版社,1996.
- [9] 莫毅,潘晓滨,臧增亮,等.资料同化对一次华南暴雨影响的数值试验研究[J].暴雨灾害,2008,27(4): 289-294.
- [10] 孙健康,武麦凤,谢在发.等.青藏高原东部一次大暴雨过程分析[J].干旱区研究,2007,24(4):516-521.
- [11] 道然·加帕依,车罡,李如琦.新疆东部地区夏季暴雨的分析[J].气象,2007,33(2):62-69.
- [12] 肖递祥,毛家勋,李庆.“09.7”四川攀西暴雨的 MCS 特征及其成因分析[J].暴雨灾害,2010,29(1):54-58,80.
- [13] 陶诗言,倪允琪,赵思雄.1998 年夏季中国暴雨的形成机理与预报研究[M].北京:气象出版社,2001.
- [14] 陶诗言,赵思雄,周晓平,等.天气学和天气预报的研究进展[J].大气科学,2003(4):451-467.
- [15] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等.天气学原理(第四版)[M].北京:气象出版社,2007:320-323, 620-621.
- [16] 廖胜石,寿绍文.一次江淮暴雨中尺度低涡的数值模拟及分析[J].南京气象学院学报,2004,27(6):753-759.
- [17] 陈秋萍,曾广平,冯宏芳,等.对流云总降水量和降水效率估测[J].应用气象学报,2005,16(2):260-263.

Comparative Analysis on Vertical Structures for Moisture and Ascending Motion of Three Torrential Rains in Weihe River Valley

WU Mai-feng¹, LIANG Sheng-jun², LI Chun-e³

(1.Weinan Meteorological Bureau of Shanxi Province, Weinan 714000; 2.Shanxi Meteorological Observatory, Xi'an 710015; 3.Xiayang Meteorological Bureau of Shanxi Province, Xiayang 712000)

Abstract: By using the routine upper-air observations and NCEP/NCAR 6-hourly reanalysis data, the comparative analysis on vertical structures for moisture and ascending motion of three torrential rain processes occurred in Weihe river valley was made. The results show that there are similar vertical structures of moisture flux divergence field, i.e., convergence in the low level and divergence in the mid- or upper-level, the convergence emerged in low-level is far stronger than the divergence in high level. The strong moisture flux convergence in low level not only provides the torrential rain area with the sufficient moisture but also makes moisture transported from low level to upper level along the vertical direction resulting in the strengthening of atmospheric vertical ascending motion. The abrupt strengthening of the fact which is water vapor convergence or divergence in 600 hPa (or 400 hPa) will indicate the precipitation increasing, and the abrupt weakening of the fact will indicate the severe precipitation process ending almost. The severe precipitation of the three processes mainly occurred around the formation of ascending motion in the whole troposphere and in the period of the vertical ascending motion near 450 hPa is strengthening fastest.

Key words: Torrential rain; Weihe River Valley; Water vapor flux divergence; Vertical ascending motion