

文章编号: 2096-1618(2019)01-0077-06

2013年7月21-22日陕西省大暴雨天气诊断分析

干全

(中国民航飞行学院广汉分院, 四川 广汉 618307)

摘要:为进一步提高陕西省暴雨的预报水平,利用常规气象资料、NCEP 资料和卫星云图资料,对 2013 年 7 月 21-22 日陕西省发生区域性暴雨过程的天气形势、物理因子进行诊断分析,结果表明: 500 hPa 西风槽配合 700 hPa 切变线以及低空西南急流是本次过程的主要影响系统,暴雨落区对应 500 hPa 西风槽附近的上升区,低空急流的左前侧。西太平洋副热带高压在低槽东移过程中有明显西伸加强的过程,进一步加深了低槽,使降水增强。暴雨发生所需的水汽主要来源于南海,水汽辐合中心与强对流云团有很好的对应。暴雨发生所需的能量来自于中低层对流不稳定能量的释放,并且暴雨的发生与暴雨落区北侧中高层“干入侵”有关,暴雨区低层存在着对流不稳定。

关键词:天气动力学;暴雨诊断;湿位涡;水汽收支

中图分类号:P458.1+21.1

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcui.2019.01.015

0 引言

暴雨是中国主要的灾害性天气,2013 年 7 月 21-22 日在陕西省发生了一次区域性暴雨过程,此轮暴雨过程共有 1.72 万人受灾,造成直接经济损失 10374.8 万元,暴雨的发生使得人民财产遭受了巨大损失。目前针对暴雨的研究已取得许多重要研究成果^[1-4],但针对陕西省的暴雨研究还很少^[5-8],对陕西地区的不同类型暴雨的形成机理等还有很多未知因素^[9-10],因此不断总结分析暴雨过程,研究暴雨发生的环流配置和触发机制有利于进一步提高暴雨(特别是区域性暴雨)预报的准确率,对减轻洪涝灾害造成的财产损失有着重要的指导意义。

利用 Micaps 常规气象资料、NCEP/NCAR 再分析资料和 FY-2E 的 TBB 资料诊断分析了本次暴雨过程发生的大尺度天气背景和中小尺度对流云团,并且通过对湿位涡的诊断分析了暴雨发生所需的不稳定能量,以期找出此类灾害性天气的形成机理以及不稳定特征,为降水量的预报提供思路。需要说明的是,逐小时降水资料只包括了基准站和一般站共 18 个站点。

1 降水实况

2013 年 7 月 21-22 日陕西省出现了一次区域性暴雨过程,主要强降水区位于陕西中北部地区,如宝鸡、洛川、长武、汉中、尚州的小时降雨量均超过了 20 mm,其中宝鸡站小时累积降水 31 mm。根据图 1 的

空间分布,自南向北挑选了 3 个代表站点的逐小时降水演变情况,如图 2 所示,降水主要集中在 21 日 19 时-22 日 12 时,降水范围大,强降水落区和时段集中以及短时降水量强是本次降水过程的特点。

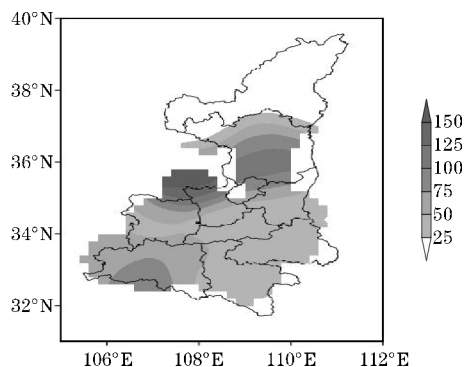


图 1 2013 年 7 月 21 日 00 时-22 日 23 时陕西省累积降雨量分布

2 影响暴雨的环流系统

2.1 环流形势和影响系统

从图 3(a)可知,2013 年 7 月 21 日 08 时,欧亚大陆中高纬地区表现为三槽两脊的多波动环流型,三槽分别位于巴湖、新疆东部、东北地区,两脊分别位于新疆中部和内蒙古地区。西太平洋副热带高压位于 30°N 的洋面上,此时陕西省受到高空脊控制。随着新疆东部的低槽不断东移,位于陕西省高空的脊也东移减弱。至 21 日 20 时,陕西省内为槽前西南气流控制。由图 3(b)可以看出,22 日 02 时西太平洋副热带高压表现出明显的加强西伸的过程,由于西太平洋副热带

高压的阻挡作用以及西北-东南向的气压梯度,西南风得到加强且低槽在陕西境内不断发展、加深且移动缓慢,此时陕西处于槽前西南风控制,垂直上升运动强烈。22 日 08 时(图 3c),随着西太平洋副热带高压进一步加强西伸,西南气流增强,其西侧的低槽进一步加

深,这正好与宝鸡站最强降水时段相对应。至 22 日 14 时,槽线处于陕西境内,整个强降水区逐渐减弱并东移。可见,虽然此次降水过程是低槽东移直接造成,但西太平洋副热带加强西伸使得低槽进一步加强,从而使得降水强度也得到加强。

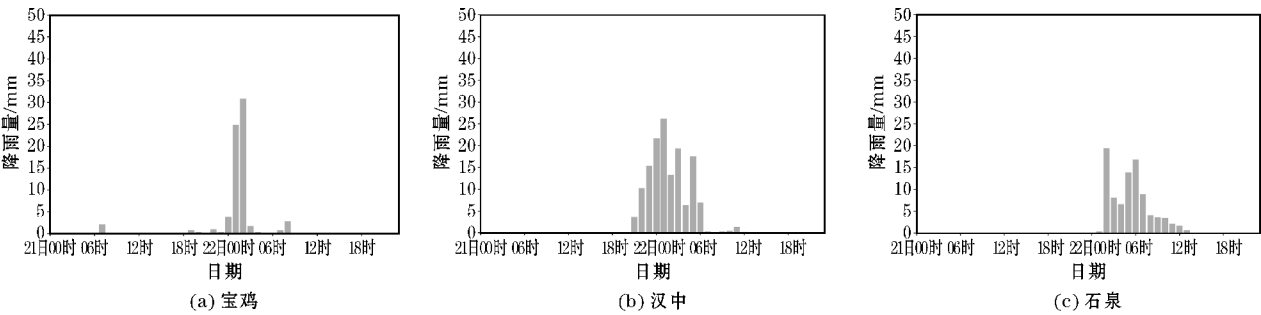


图 2 宝鸡、汉中、石泉站 2013 年 2013 年 7 月 21 日 00 时-22 日 23 时的逐小时降水演变

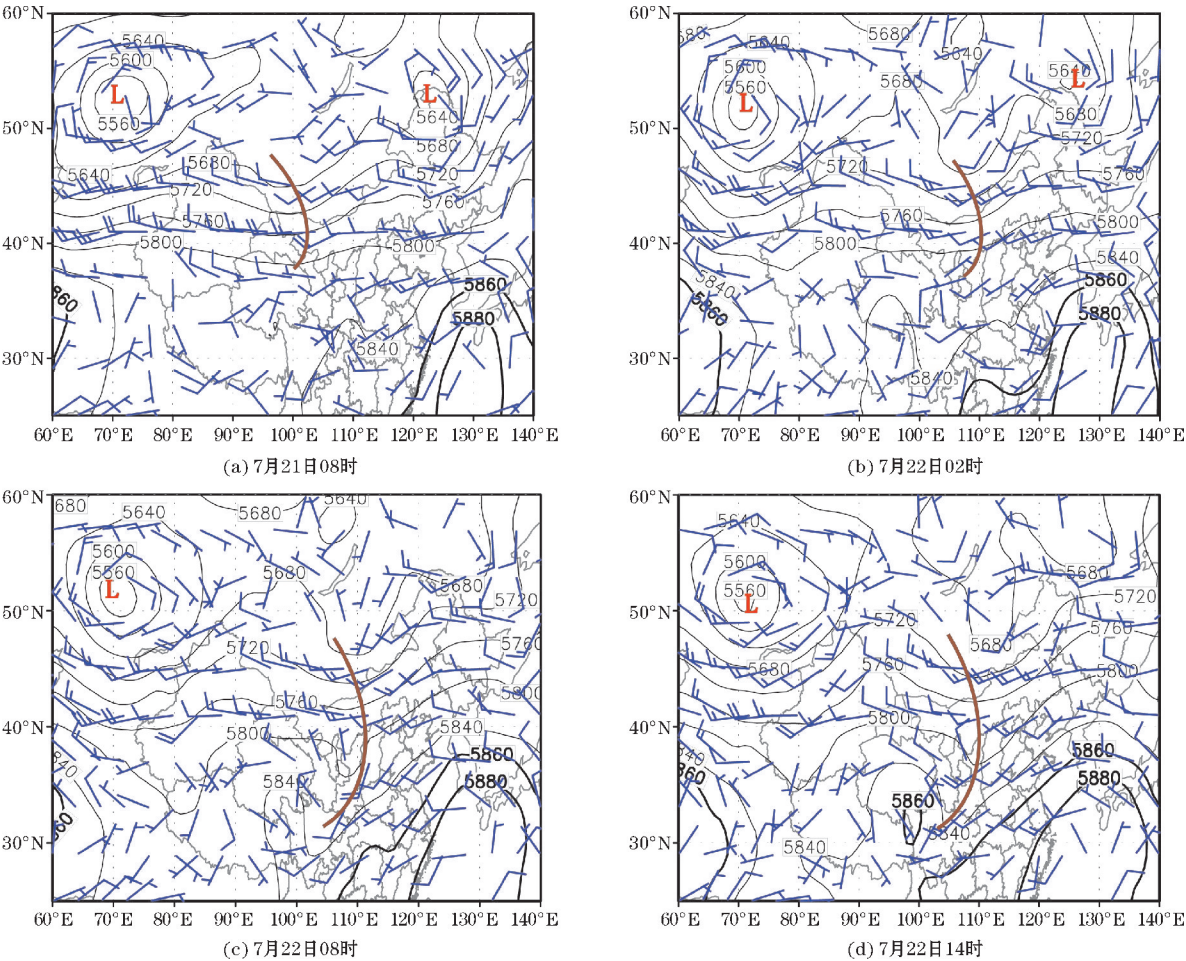


图 3 500 hPa 位势高度场和风场(L 表示低值中心,棕色实线表示槽线)

除 500 hPa 低槽之外,低层切变线和低空西南风急流也是本次暴雨过程的影响系统。图 4 给出了 700 hPa 强降水对应时段的环流形势与大于 10 m/s 的全风速分布。22 日 02 时(图 4a),切变线位于陕西西部,陕西大部分地区为西南气流控制,从四川向北有一风速大于 10 m/s 的大风速带伸展至陕西中部,而宝鸡、

洛川等强降水区正好位于该大风速带的左侧,在洛川的右后侧有一风速值大于 12 m/s 的区域。至 22 日 08 时(图 4b)虽然在陕西东部有一大于 12 m/s 的低空急流带形成,但由于切变线继续东移,宝鸡处于切变线西侧,降水趋于减弱。

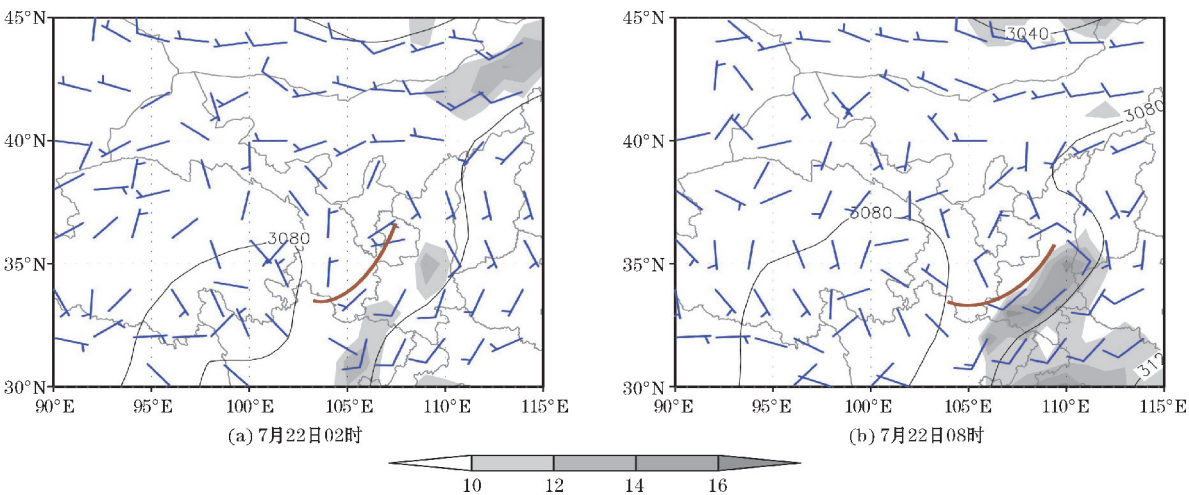


图 4 700 hPa 位势高度场和风场 (阴影表示全风速大于 10 m/s, 棕色实线表示切变线)

以上分析可以看出,这次暴雨过程的直接影响系统是低槽、切变线、低空急流。虽然降水主要是由于高空低槽东移造成,但西太平洋副热带高压西伸加强使低槽进一步加深,西南气流增强,降水增强,也是本次过程中不可忽视的重要天气系统。

2.2 强对流云团

研究表明^[11-12],一般在卫星云图上取云顶温度 $TBB \leq -32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的云团为 MCS(中尺度对流系统),满足 $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下云罩面积在 10 万 km^2 以上,且 $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下

云罩面积在 5 万 km^2 以上,维持 6 h 以上的暴雨云团为 MCC(中尺度对流辐合体)。虽然暴雨产生离不开大尺度环流背景场,但暴雨的发生以及强度与中小尺度的系统是直接相关的。从图 5 给出的暴雨最强时段的 TBB 情况可以看出,影响本次陕西省区域性暴雨的是 MCC,小于 $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的云团覆盖范围从四川盆地一直向北延伸至陕西北部,小于 $-53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的云团则主要位于四川盆地和陕西中南部,整个云团从西南向东北方向移动,在 MCC 的南边部分边缘等值线十分密集,说明温度梯度大,云团未来还将继续发展。

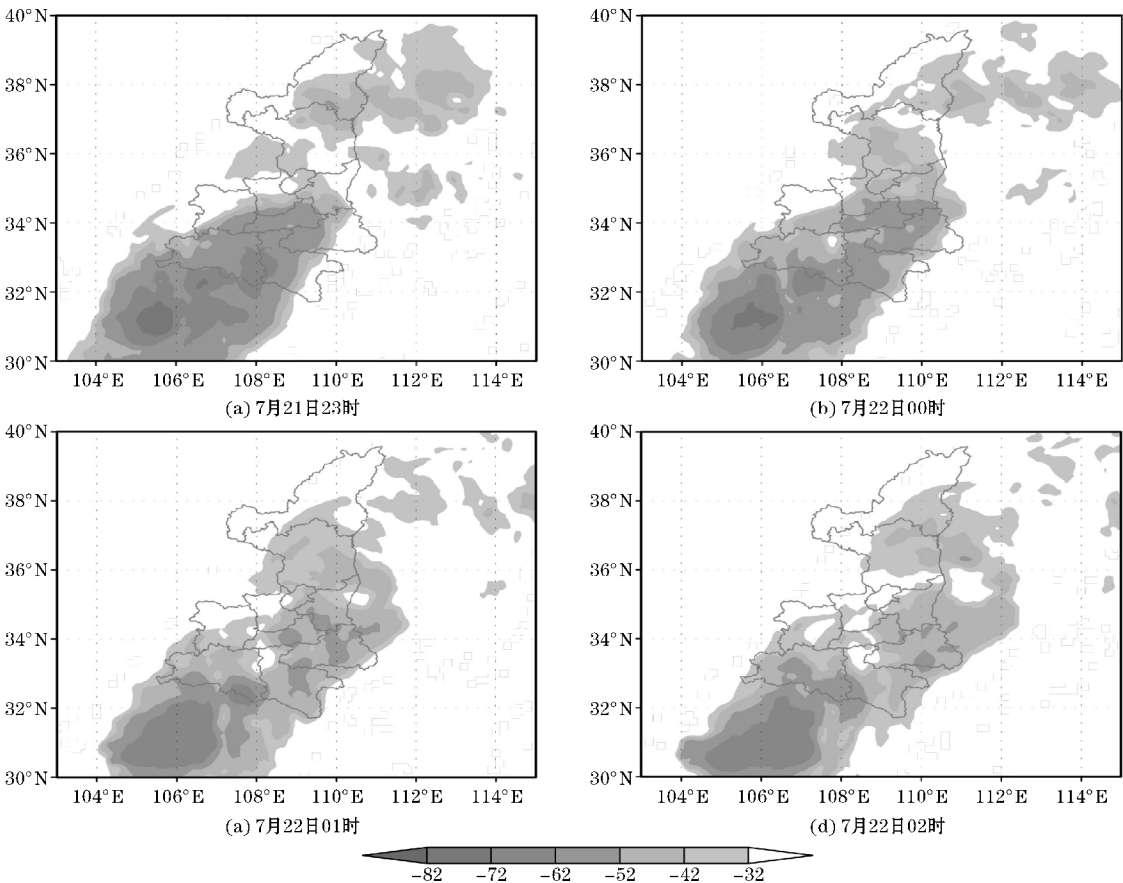


图 5 7 月 21 日 23 时-22 日 02 时逐小时 TBB 分布 (阴影表示 $TBB < -32\text{ }^{\circ}\text{C}$)

层积云降水往往云顶不一定很高,也就是云顶温度不一定很低,只要有充足的水汽供应以及水汽辐合也可产生强降水。对应图2和图5可以发现,在7月21日23时-22日02时这一强降水时段,宝鸡、汉中、石泉等陕西中南部地区处于TBB低值区,但TBB低值中心与强降水中心并不一致,如宝鸡、汉中、石泉等强降水地区则位于强对流云团移动方向的左前侧。

3 水汽条件和物理量分析

任何强降水的产生都离不开充足的水,从图6可以看到,对应暴雨最强时段,在陕西省中南部有强烈的水汽辐合中心,水汽主要来源于南海。22日08时,随着高空低槽和切线不断发展东移,水汽辐合中心也逐渐向东移动。水汽辐合中心与暴雨落区位置较为一致。

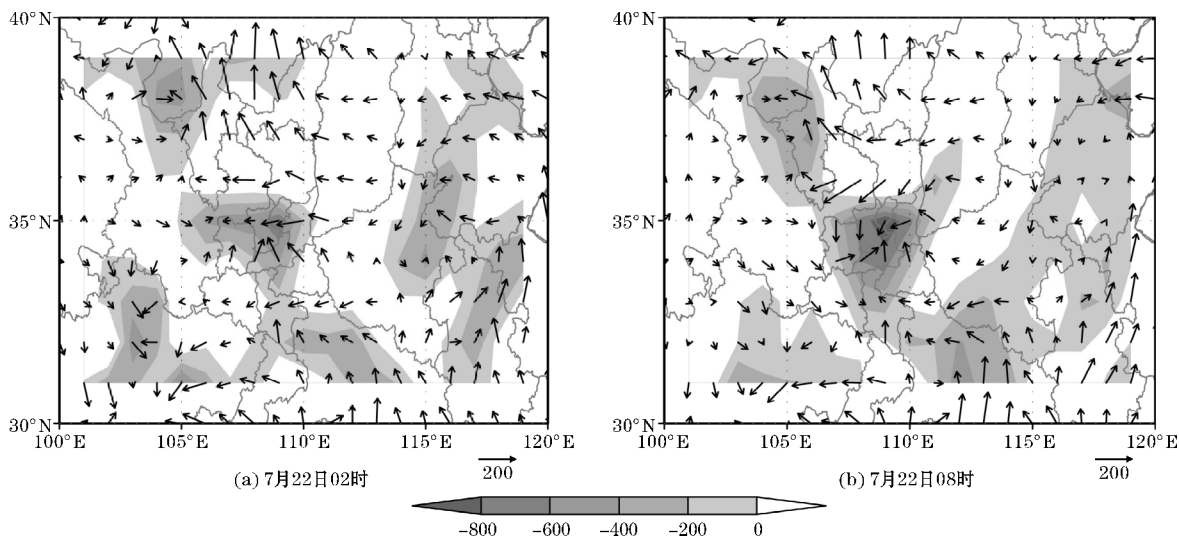


图6 整层积分的水汽输送通量和水汽输送通量散度

4 湿位涡诊断

湿位涡是能同时表征大气动力、热力和水汽性质的综合物理量。利用湿位涡不仅可以分析暴雨落区,而且还可以诊断暴雨发生所需要的不稳定机制^[15]。湿位涡的正压项和斜压项综合反映了暴雨区对流不稳定和斜压不稳定的状况,由于MPV1比MPV2大一个量级,MPV1可以代表MPV。从图8可以看出,21日08时暴雨区的对流层低层MPV<0,表明存在着大量对流不稳定,MPV高值区从对流层中上层向北倾斜,这表明在陕西地区有干冷空气从400 hPa向北侵入到

从暴雨落区涡度场和散度场的时间-高度剖面图(图7a、b)可以看出,7月21日08时500 hPa以下为负涡度值,表明该区域仍为高空脊控制,对应此时有正散度,下沉运动。此后,负涡度逐渐减弱变为正涡度控制,从21日20时开始正涡度值逐渐增加,此时散度由正变负对应图7(c)有上升运动。虽然正涡度最大值处于22日08时,但负散度最大值和垂直上升运动均出现在22日02时,这与宝鸡的最强降水时段是相对应的,表明强降水是出现在槽前最强上升运动区。由于假相当温度可以很好地反映热力不稳定能量,因此图7(d)同时给出了暴雨落区假相当温度的时间-垂直剖面图。可知,从21日08时开始,以600 hPa为中心,在对流层中层有一 θ_{se} 低值区,从地面至600 hPa θ_{se} 随高度递减,等值线较为密集。22日02时, θ_{se} 几乎呈垂直分布, θ_{se} 等值线较为陡峭,且从800 hPa向上有 θ_{se} 随着高度递增,表明存在着热力不稳定^[13-14]。

550 hPa。22日02时(图8b),宝鸡等地受到槽前西南气流控制,正涡度值增加,上升运动增强,此时在36°N(宝鸡所在位置)有一MPV高值中心从高空一直向下伸展至800 hPa,850 hPa以下仍为对流不稳定,这一现象表明有明显的“干侵入”发生,暴雨区北部对流层中上层的干冷空气呈楔状倾斜向下嵌入到对流层低层,将部分暖湿空气限制在低层,造成浅薄的对流不稳定和能量进一步积累,造成降水量的进一步增强。并且MPV高值中心和MPV低值中心在垂直方向的叠加使得MPV等值线较为密集,这也反映了此处正是冷暖空气强烈交汇的高度和地区。

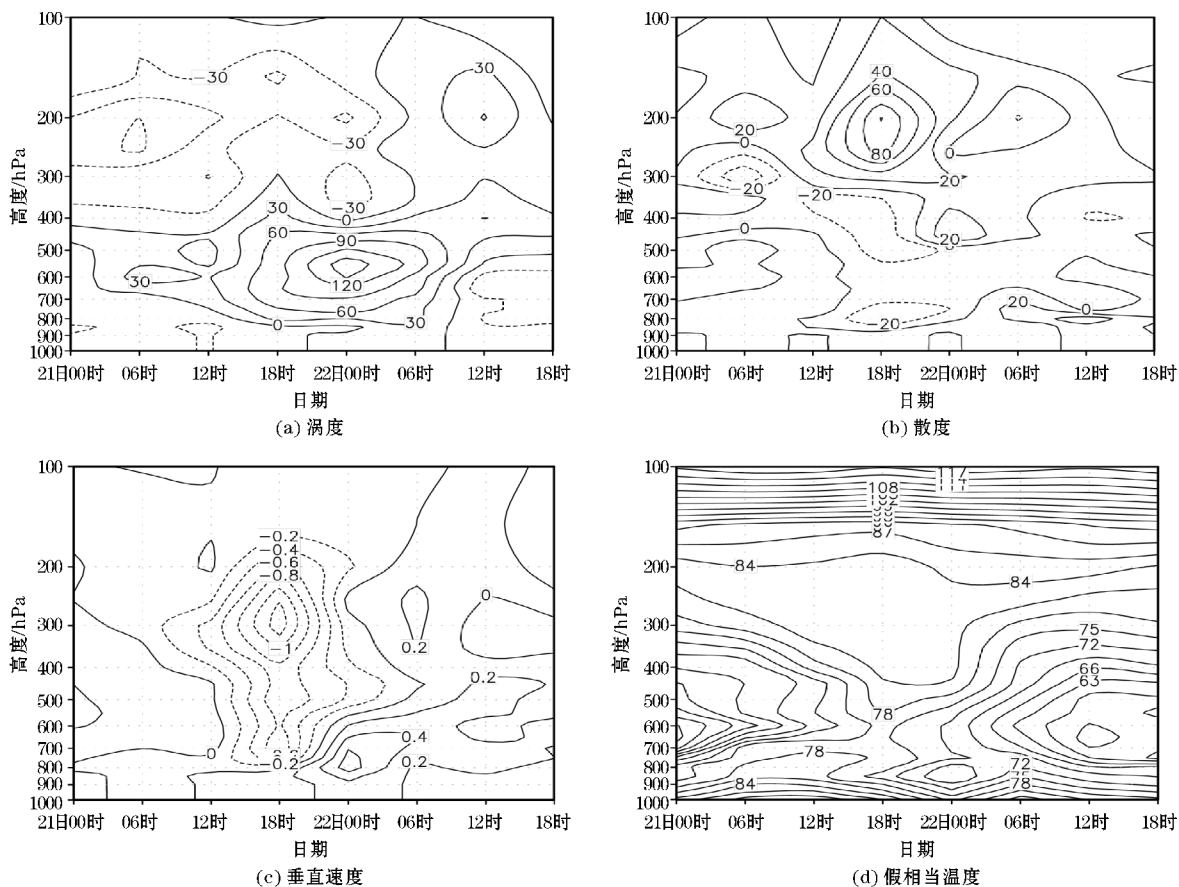


图 7 暴雨落区涡度、散度、垂直速度和假相当温度的时间-高度剖面图

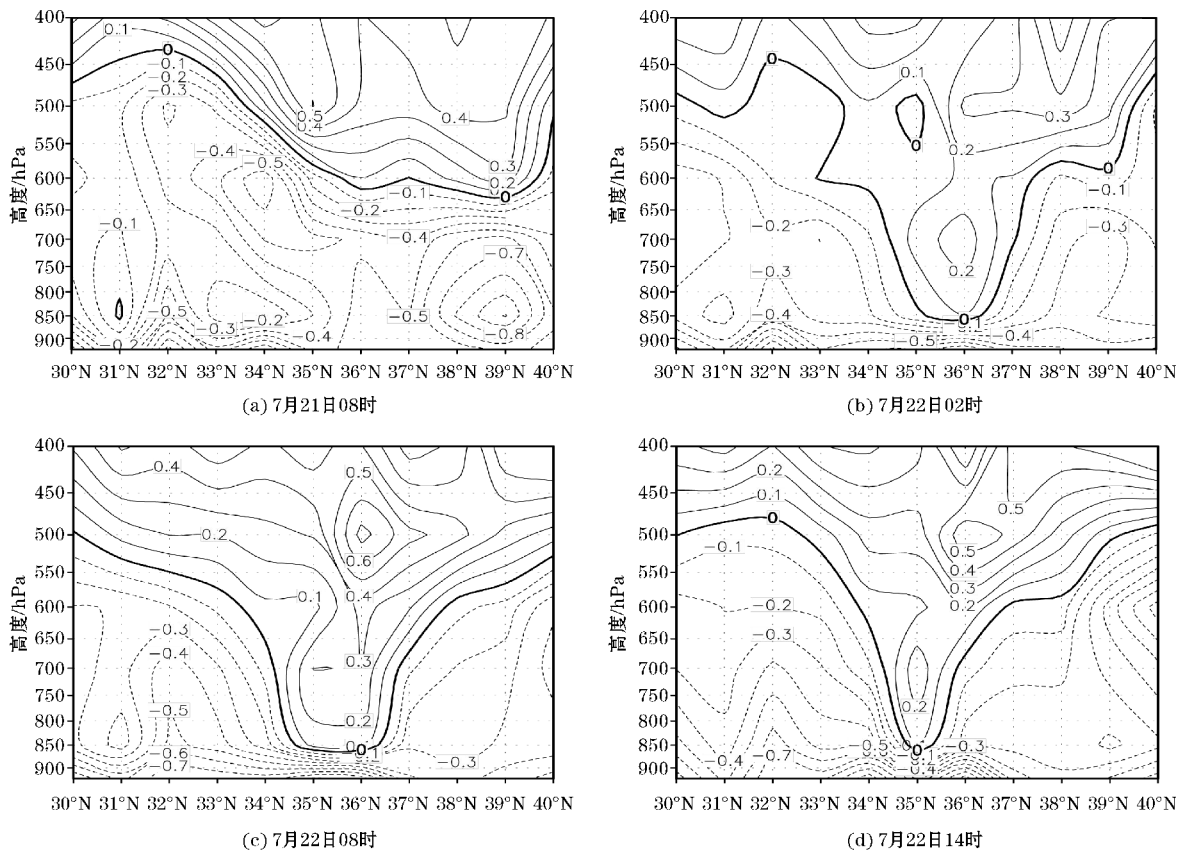


图 8 沿着暴雨落区(107°N ~ 109°N)MPV 的纬度-高度剖面图

5 结论

利用常规气象资料、NCEP 资料和 FY-2E 的 TBB 资料分析了 2013 年 7 月 21–22 日陕西省的区域性暴雨过程,得到以下主要结论:

(1) 暴雨是受到 500 hPa 新疆低槽发展东移的影响,700 hPa 切变线和低空西南急流也是本次强降水过程的主要影响系统。而在此过程中,西太平洋副热带高压出现的明显西伸加强过程使得系统进一步加强,降水强度增强。

(2) 暴雨过程对应有 MCS 云团影响,MCS 云团移动方向的左前侧对应了此次暴雨过程的降水中心。

(3) 暴雨过程有强烈的水汽辐合运动,降水所需的水汽主要来自于南海。

(4) 通过对湿位涡的诊断发现,暴雨发生前对流层中低层已有对流不稳定能量存在,而对流层上层干冷空气的自北向南向下入侵使得对流进一步发展,降水强度较大。

参考文献:

- [1] 孙淑清,周玉淑.近年来我国暴雨中尺度动力分析研究进展[J].大气科学,2007,31(6):1171–1188.
- [2] 鲍名.近 50 年我国持续性暴雨的统计分析及其大尺度环流背景[J].大气科学,2007,31(5):779–792.
- [3] 康岚,朱克云,张杰,等.引发四川盆地区域性暴雨的高原 MCS 特征分析[J].成都信息工程大学学报,2017,32(4):402–408.

- [4] 高梦醒,肖天贵.基于卫星云图对四川盆地东北部“9.13”暴雨特征分析[J].成都信息工程大学学报,2016,31(1):102–109.
- [5] 张弘,侯建忠,乔娟.陕西暴雨若干特征的综合分析[J].灾害学,2011,26(1):70–74.
- [6] 郭大梅,慕建利,刘瑞芳,等.陕西暴雨个例倾斜涡度发展和干侵入分析[J].陕西气象,2009(6):5–8.
- [7] 马晓华.2007 年 8 月陕西一次暴雨过程的研究[D].南京:南京信息工程大学,2011.
- [8] 郭大梅,许新田,刘勇,等.陕西中南部一次突发性大暴雨过程分析[J].气象,2008,34(9):40–46.
- [9] 卢珊,贺皓,李建科,等.2011 年 7 月上旬陕西两次暴雨过程对比分析[J].陕西气象,2012(2):7–12.
- [10] 白涛,李崇银,王铁,等.干侵入对陕西“2008.07.21”暴雨过程的影响分析[J].高原气象,2013,32(2):345–356.
- [11] 刘瑞芳,李萍云,陈小婷,等.一次中尺度对流复合体致洪暴雨成因分析[J].成都信息工程学院学报,2012,27(3):306–313.
- [12] 牛乐田.陕西中部一次区域性暴雨天气过程诊断分析[J].陕西气象,2009(1):14–17.
- [13] 刘勇.陕西一次槽前强对流风暴的诊断分析[J].高原气象,2006,25(4):687–695.
- [14] 胡燕平,单铁良,殷广亚,等.2008 年河南黄淮地区暴雨过程个例分析[J].气象科学,2009,29(6):821–826.
- [15] 刘开宇,赵重安,牟佳,等.贵州暴雨的湿位涡诊断分析[J].贵州气象,2005,29(6):16–18.

The Heavy Rainfall Event over Shanxi during 21–22th July 2013

GAN Quan

(Civil Aviation Flight University of China, Guanghan 618307, China)

Abstract: In order to improve the forecast ability about the rainstorm in Shanxi province, the circulation background and physical factors of the regional rainstorm in Shanxi province on July 2013 21–22 are diagnosed based on conventional meteorological data, NCEP data and satellite cloud images. The result shows that the rainstorm is affected by 500 hPa westerly trough, 700 hPa shear line and low-level southwest jet. The rainstorm area is mainly located in the rising zone near the 500 hPa westerly trough, and the left front side of the low-level jet. The West Pacific subtropical high has a markedly enhanced westward process during the eastward movement of the trough, further deepening the low trough and increasing precipitation. The abundant water vapor needed for rainstorm occurs mainly from the South China Sea. Moreover, the water vapor convergence center is in good correspondence with the strong convective cloud cluster. The rainstorm occurred in the energy required from the low level of convective instability energy release. At the same time, the occurrence of rainstorm is related to the "dry intrusion" of the upper and middle levels in the north side of the rainstorm area, and the rainstorm convective instability.

Keywords: synoptic dynamics; rainstorm diagnosis; MPV; water vapor