

侯柯然,侯庆国,艾锐,等. 榆林 2017 年 7 月 26 日区域性大暴雨数值预报降水检验及误差分析[J]. 陕西气象,2018(6):17-22.
文章编号:1006-4354(2018)06-0017-06

榆林 2017 年 7 月 26 日区域性大暴雨 数值预报降水检验及误差分析

侯柯然¹,侯庆国¹,艾锐¹,蒋伊蓉¹,张博宇¹,贺继荣²

(1. 榆林市气象局,陕西榆林 719000;2. 佳县气象局,陕西佳县 719200)

摘要:采用 2017 年 7 月 25 日 08 时—26 日 08 时地面观测资料与欧洲中期数值模式(ECMWF, 简称“EC”)、中国气象局全球中期数值模式(GRAPES_GFS, 简称“GFS”)和日本气象厅数值模式(简称“JMA”)的降水预报进行对比,分析各模式对此次区域性大暴雨过程的预报性能,并将各模式预报的环流形势、物理量场与 NCEP1°×1°再分析资料做对比,分析模式降水误差的产生原因。结果表明:EC 对降水量预报较好,达到大暴雨量级;GFS 降雨量级预报为暴雨,中心位置比 EC 更接近实况;JMA 中心位置预报最好,但降雨量与实况相差较大。各模式均为 20 时预报优于 08 时预报,且随着预报时效的临近,预报结果更接近实况。EC 预报的低层切变、垂直速度中心、水汽通量散度大值区和假相当位温能量舌均偏北,因而预报的降雨区域偏北。GFS 预报低层辐合、 θ_{se} 相对大值区、垂直上升运动中心均明显偏西,故降水大值区在内蒙古地区,垂直运动次上升中心对应榆林上空降水中心。JMA 的各因素均与实况位置一致,降水中心预报在各模式中最接近实况,由于低层气流较弱以及弱的水汽辐合,导致降水量预报与实况相差较大。

关键词:区域性大暴雨;模式降水检验;误差分析

中图分类号:P457.6

文献标识码:A

近年来,榆林市降水增多,夏季对流性天气频繁,短时降水强度大,致灾性强。但各种数值模式对暴雨的预报能力参差不齐,加强模式暴雨预报的客观检验就显得非常重要。张宏芳等^[1]对 EC、JMA 模式降水预报进行了对比分析,提到 EC 预报相对平稳,对暴雨的降水预报优于 JMA 模式;高永辉等^[2]对“7·21”特大暴雨的降水落区与中心做了检验;梁寒等^[3]对 EC 模式和多模式集成 72 h 内降水落区与强降水中心位置的预报产品进行了检验;何光碧等^[4]对 GRAPES_MESO 模式一次降水过程的预报做了误差分析;李明等^[5]对陕西省中尺度模式降水预报做了检验;庞翻等^[6]分析了 T639 数值产品对宝鸡暴雨的预报检验。榆林地区暴雨研究多为其特征及形成机理分析,对降水产品检验方面的研究较少。2017 年 7

月 25 日的区域性大暴雨过程中,榆林多站降水量突破本站历史极值,降水引发的洪涝灾害造成了严重的经济损失。因此,选用天气预报业务中常用的欧洲中期数值模式(简称 EC)、中国气象局全球中期数值模式(简称 GFS)、日本气象厅数值模式(简称 JMA)2017 年 7 月 25 日 08 时—26 日 08 时的预报产品与相应时间的地面观测资料、NCEP1°×1°再分析资料做对比,分析各个模式对此次过程的降水预报及误差原因,总结各模式在预报中的应用经验,为突发性暴雨预报提供一定参考。

1 实况分析

2017 年 7 月 25 日 08 时至 26 日 08 时,榆林地区出现区域性大暴雨天气过程,强降水主要集中在榆林市东南部县区。榆林市地面观测站总共出现

收稿日期:2017-06-27

作者简介:侯柯然(1989—),女,汉族,陕西榆林人,学士,助工,主要从事短期天气预报。

大暴雨 28 站,暴雨 48 站,降水中心 (110.11°E 、 37.39°N)位于绥德赵家砭,雨量为 252.3 mm,最大小时雨量出现在横山魏家楼镇 26 日 01—02 时,为 62.8 mm。国家站最大降雨量为子洲站 218.7 mm。降水量如图 1(图中剔除了缺测站点)。

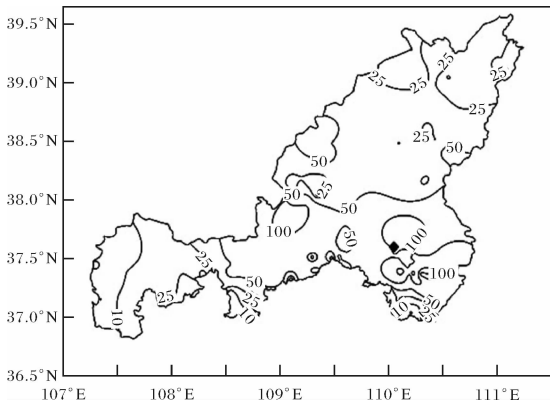


图 1 2017-07-25T08—26T08 榆林地区降水量
(单位为 mm,图中黑色菱形块为子洲站)

2 空间分布检验

图 2 为 EC 08 时起报的 25 日降水过程预报图。图 2a 为 23 日 08 时预报的 48~72 h 累计降水量分布图,图中降水主要集中在榆林北部地区,降水中心位于 111.39°E 、 39.39°N ,较实况偏东 1.28° ,偏北 2.00° ;中心值为 85 mm,较实况偏小。图 2b 为 24 日 08 时预报的 24~48 h 累计降水量分布图,降水中心位于 110.75°E 、 39.63°N ,中心值为 87.7 mm;降水量级与 23 日 08 时起报的 48~72 h 预报结果基本一致,降水中心略向西北偏移,且降水范围南扩。图 2c 为 25 日 08 时预报的 0~24 h 累计降水量分布图,降水中心位于 110.37°E 、 39.37°N ,中心位置与实况相比偏东 0.26° ,偏北 1.98° ,更接近实况;中心值为 113 mm,降雨量级上升为大暴雨,但与实况还有较大差距;降水范围与 24 日 08 时起报的 24~48 h 预报结果基本一致。可以看出,随着预报时效的临近,降水的落区、中心位置与降水量级都更接近实况。

图 3 为 EC 20 时起报的 25 日降水过程预报图。图 3a 为 23 日 20 时预报的 48~72 h 累计降水量分布图,图中降水中心位于 111.5°E 、 39.37°N ,较实况偏东 1.39° ,偏北 1.98° ;中心值为 124 mm,降水量级达到大暴雨。在榆林东部存在一次降水中

心,降水中心处于 111.13°E 、 38.51°N ,中心值为 93 mm,降水范围覆盖榆林北部与东部区县。图 3b 为 24 日 20 时预报 24~48 h 累计降水量分布图,降水中心位于 110.87°E 、 39.87°N ,与实况相比偏东 0.76° ,偏北 2.48° ;降水范围北移,中心值增大为 131.2 mm。两个时效的降水量级均达到大暴雨,但与实况仍相差较大。

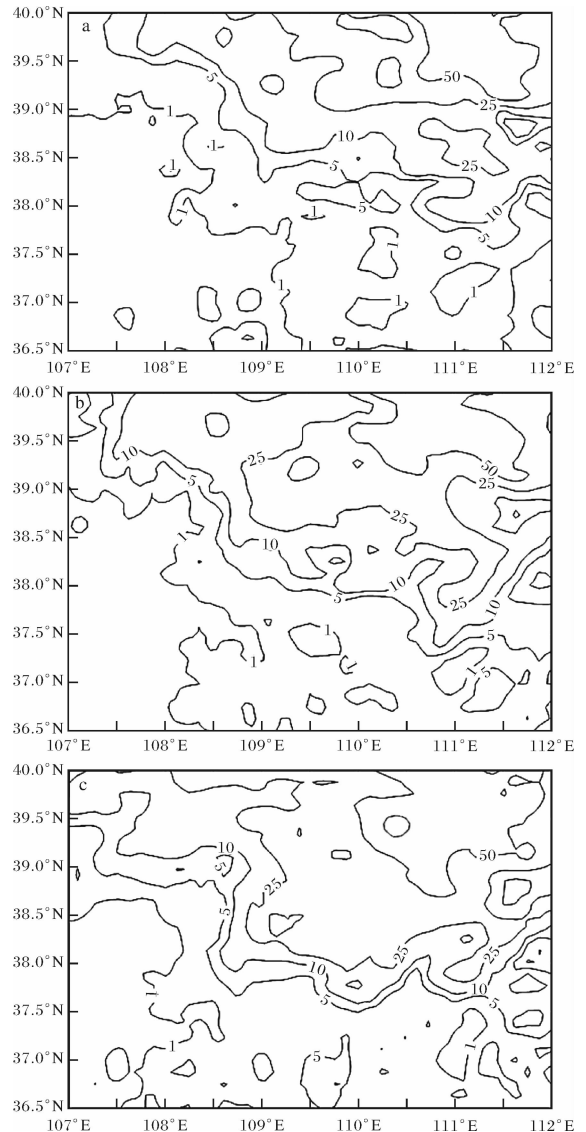


图 2 EC 2017-07-23—25 08 时起报的 25T08—26T08 累计降水量(单位为 mm;a 23 日;b 24 日;c 25 日)

可以看出,与 08 时相比,EC 20 时起报的降水量级较大,覆盖范围偏南,更接近实况;08 时起报的各时效的降水量级随时间的临近有靠近实况的趋势。

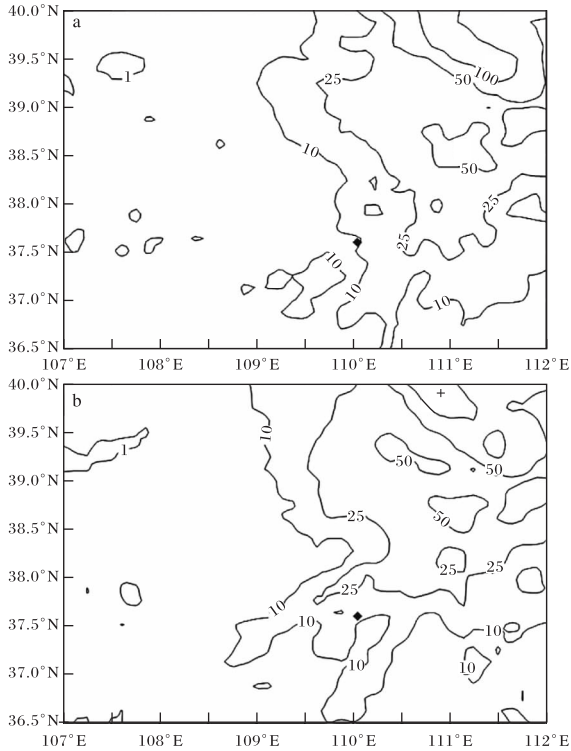


图3 EC 2017-07-23—24 日 20 时起报的 25T20—26T20 累计降水量(单位为 mm;a 23 日,b 24 日)

GFS 23 日 08 时预报的 48~72 h 累计降水量分布图中(图略),降水中心位于 112°E、39.62°N,与实况相比偏东 1.89°,偏北 2.23°;中心值为 83 mm,为暴雨量级。榆林中部有一次降水中心,位于 108.75°E、38.4°N,中心值为 72 mm。降水范围覆盖整个榆林市。24 日 08 时起报 24~48 h 累计降水量分布图中(图略)可以看出,所预报的降水分布比较均匀,且覆盖全市,但降水量级较小,未预报暴雨。25 日 08 时起报的 0~24 h 累计降水量分布图中(图略),降水中心位于 109°E、38.37°N,与 48~72 h 累计降水预报的次降水中心接近,与实况相比偏西 1.11°,偏北 0.98°;中心值为 55.0 mm。可以看出,随着预报时效的临近,降水中心更靠近实况,但整体降水量级较低,未预报出大暴雨。

GFS 23 日 20 时预报的 48~72 h 累计降水量分布图中(图略),降水中心处于 109.25°E、38.63°N,与实况相比偏西 0.86°,偏北 1.24°;中心值为 73 mm,为暴雨量级;降水范围覆盖全市。24 日 20 时起报的 24~48 h 累计降水量分布图中

(图略),降水中心位于 108.8°E、38.37°N,中心值为 55 mm,降水中心与 72 h 预报基本一致。降水仍覆盖全市,但降水量级降低,未达到大暴雨。可见,GFS 两个时次的起报场预报的降水量级均较小,未报出大暴雨。20 时起报的降水落区预报比 08 时的预报更接近实况。

JMA 08 时起报的 25 日降水过程预报图中(图略),随着时效的临近,降水中心逐渐东移,接近实况;且降水量也在增加,但是降水量级均很小,未达到暴雨级别;降水范围只覆盖榆林的中西部。JMA 20 时起报的 25 日降水过程预报图中(图略),降水落区与 08 时无明显差别,降水量更小一些。

3 天气形势实况和物理量分析

25 日 08 时,500 hPa 中高纬呈两槽一脊的环流形势,高原东部有长波槽东移,受台风“桑卡”影响,副高 588 dagpm 线西伸北抬至陕西东南部,榆林处于副高外围的偏南暖湿气流中。200 hPa 河套北侧有高空急流,急流风速大于 30 m/s;低空存在西南、东南两支低空急流,高低空急流形成耦合,低层河套西侧有一横切变。25 日 20 时,高空急流加强,风速大于 40 m/s。副高 588 dagpm 线继续西伸北抬至陕西中部,低层水汽输送加强。26 日 02 时,高空急流维持;受台风外围气流影响,东南低空急流加强,低空急流左侧出口区风速加强为 16 m/s;榆林上空处于人字形切变暖区一侧(图 4)。850 hPa 以上垂直运动开始增强,并向北部偏移。700 hPa 垂直运动中心位于 110°E、38°N,接近强降水中心位置,中心值达 -0.9 Pa/s 。在上升运动的南北两侧有两个下沉区,与上升区形成耦合,为水汽的输送与不稳定能量的释放提供了有利条件(图 5)。水汽通量流线图中有偏南和东南两个水汽输送带。东南部为台风外围的水汽输送带,输送过程中水汽通量散度为正值,到榆林上空变为负值。水汽在榆林上空积聚,并且达到 $18 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,说明台风外围的东南急流为水汽的主要输送带(图 6)。榆林上空处于假相当位温能量舌前端,为相对大值区,低层气流通过相对湿度大值区到达榆林上空,气流辐合区与能量舌相重叠,形成强对流(图 7)。对流

性降水与稳定性降水相配合,使得强降水的落区出现在了榆林的东南部。

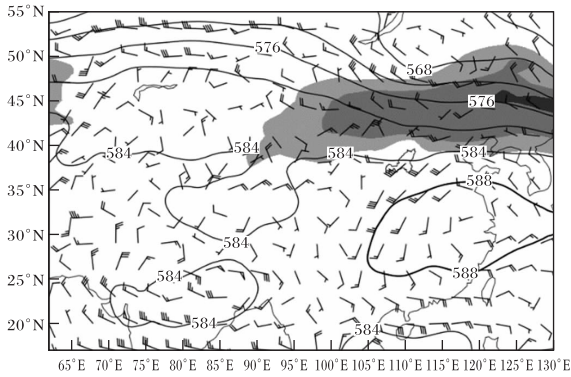


图4 2017-07-26T02 200(阴影)、700 hPa(风向杆)风场,500 hPa高度场(单位为 dagpm)

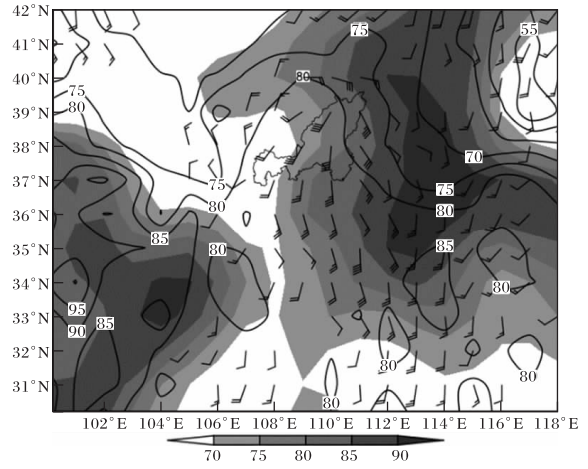


图7 2017-07-26T02 850 hPa假相当位温(等值线;单位为°C)、相对湿度/%(阴影)、风场(单位为 m/s)

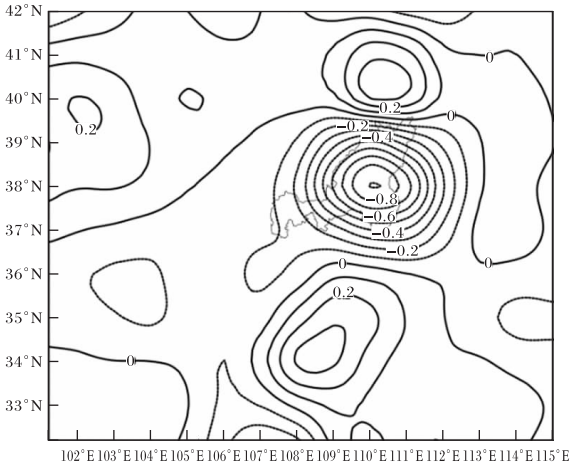


图5 2017-07-26T02 700 hPa垂直速度(单位为 Pa/s)

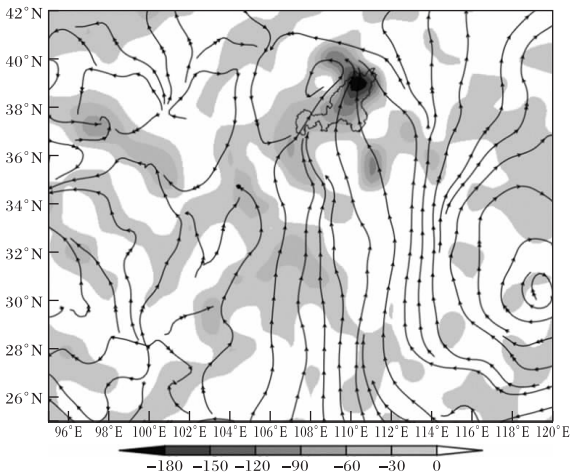


图6 2017-07-26T02 850 hPa水汽通量(流线)和水汽通量散度(阴影,单位为 $10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

4 预报误差分析

4.1 EC 预报误差分析

25日08时预报26日02时环流形势基本与实况一致。200 hPa急流轴中心风速大于50 m/s,比实况偏大;700 hPa切变偏北 $2^{\circ} \sim 3^{\circ}$;850 hPa切变较弱,且偏北 1° (图略)。垂直上升运动中心位于榆林西北部,中心值达 -1.2 Pa/s (图略)。水汽输送带偏南,水汽通量散度大值区处于榆林西北侧呈带状分布,同样比实况偏北;中心值达 $-33 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,比实况偏强(图8)。假相当位温与低层气流的配合整体上比实况偏北

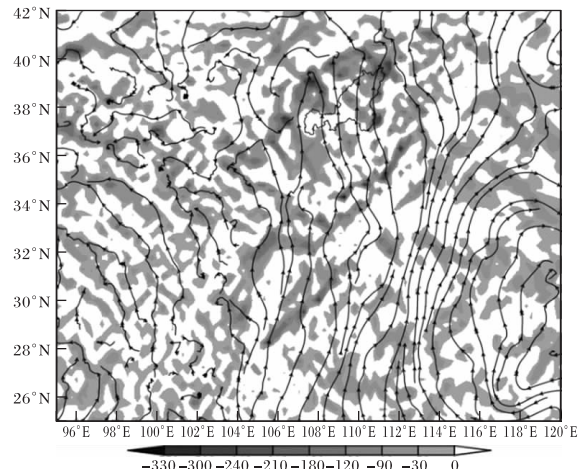


图8 EC 2017-07-25T08 预报 26T02 850 hPa水汽通量(流线)和水汽通量散度(阴影为单位为 $10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

(图略)。可见,在 EC 细网格的数值预报中,低层切变、垂直速度中心、水汽通量散度大值区和假相当位温能量舌较实况偏北,因此降水预报偏北。850 hPa 切变线预报较弱,且为横切,与实况的人字形切变相比辐合较弱;水汽输送带偏南,未预报出台风外围气流对水汽通道的增强作用。因此影响了降水量级预报。

4.2 GFS 预报误差分析

在 GFS 25 日 08 时预报 26 日 02 时的高空图上,位于孟加拉湾的低值中心较强,南支槽更偏东;200 hPa 急流轴中心速度大于 50 m/s,比实况偏大;低层切变均偏北 $3^{\circ}\sim 4^{\circ}$ (图略)。垂直运动上升中心处于 110°E 、 40.5°N ,比实况偏北 2.5° ;在榆林中西部有一个弱的垂直上升运动,与其预报的榆林市降水中心相吻合(图略)。水汽通量图上有偏南和偏东南两条输送带,预报出了台风外围气流偏东南输送带,水汽输送预报较准确;但榆林上空的水汽通量散度为正值,有水汽的缺失(图 9)。假相当位温的能量舌处于榆林的西北部(图略)。综上所述,由于低层辐合与 θ_{sc} 相对大值区明显偏西偏北,且垂直上升运动偏西,GFS 预报的降水大值区在榆林北部的内蒙古地区,垂直运动的次上升中心对应榆林上空降水较大中心。虽然水汽输送预报较好,但水汽通量散度辐合区偏北,榆林上空为辐散区;GFS 预报的降水量级为暴雨,与实况的大暴雨相差较大。

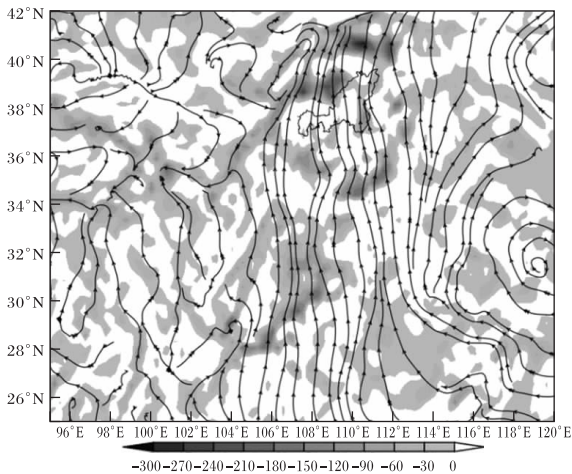


图 9 GFS 2017-07-25T08 预报 26T02 850 hPa 水汽通量(流线)和水汽通量散度(阴影,单位为 $10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

4.3 JMA 预报误差分析

JMA 25 日 08 时预报 26 日 02 时的高空环流分布与低层切变线位置基本接近实况,但没有预报出低空急流(图略)。垂直上升运动的中心位置与实况基本一致,上升运动稍弱,中心值为 -0.7 Pa/s (图略)。水汽输送带的方向、来源与实况基本一致,但水汽通量散度的辐合区偏西,且中心值预报较弱,仅为 $-12 \times 10^{-5} \text{ g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ (图 10)。 θ_{sc} 的相对大值区处于榆林南部,并与低层气流辐合区重叠,与实况一致(图略)。JMA 的各项预报的中心值均与实况位置基本一致,只有水汽的辐合区预报偏西,所以降水预报略偏西,在各模式中最接近实况。由于低层气流较弱以及弱的水汽辐合,JMA 的降雨量级预报较低,未达到暴雨量级。

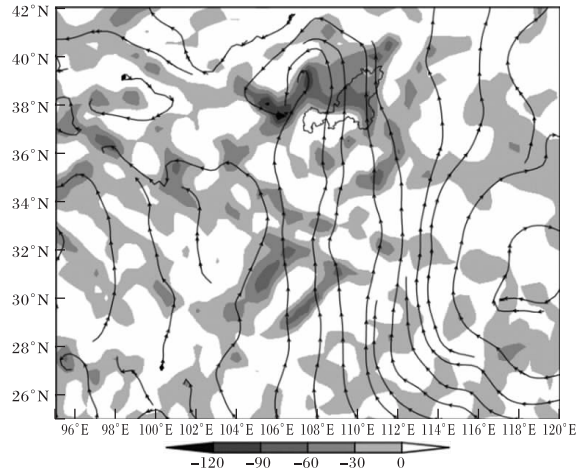


图 10 JMA 2017-07-25T08 预报 26T02 850 hPa 水汽通量(流线)和水汽通量散度(阴影,单位为 $10^{-6} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)

5 结论

(1)在降水量的预报中,EC 对降水量预报较好,达到大暴雨量级,但降水中心偏北。GFS 预报的降水量比实况低一个量级,降水中心偏北,但比 EC 更接近实况。JMA 预报的降水中心最接近实况,但降水量较小,未达到暴雨量级。各模式均为 20 时预报优于 08 时,且随着时效的临近,预报更接近实况。

(2)EC 预报低层切变、垂直速度中心、水汽通量散度大值区和假相当位温能量舌的位置偏北,使降水预报偏北。850 hPa 切变预报较弱,且为横切变,与人字形切变相比辐合较弱;水汽输送

刘慧敏,李晓利,张建康,等. 陕北黄土高原夏季 2 次典型强对流天气环境参量对比[J]. 陕西气象,2018(6):22-26.

文章编号:1006-4354(2018)06-0022-05

陕北黄土高原夏季 2 次典型强对流天气环境参量对比

刘慧敏,李晓利,张建康,任琦

(榆林市气象局,陕西榆林 719000)

摘要:利用常规气象资料,对榆林 2013 年 8 月 4 日(简称“8·4 过程”)和 2017 年 7 月 23 日(简称“7·23 过程”)两次不同类型的极端强对流天气综合分析,通过比较环境参量,将两类强对流天气分为混合型强对流(“8·4 过程”)和强降水型强对流(“7·23 过程”)天气,并给出两类强对流天气不同参量的预报参考阈值。结果表明:(1)地面温度 T 、地面露点温度 T_d 、比湿 q 、水汽通量散度等环境参量反映了天气区高温高湿的特性;对流有效位能 CAPE、假相当位温 θ_{se} 、 $T_{850-500}$ 、 $\theta_{se850-500}$ 、 $T-T_d$ 等环境参量反映了不稳定条件;850~500 hPa 垂直风切变和地面风速等环境参量反映对流触发和抬升力。(2)主要参量的参考阈值:混合型强对流天气, $T_{850-500} \geq 28$ °C, $(T-T_d)_{700} \geq 22$ °C,地面风速 ≥ 4 m/s;强降水型强对流天气, $\theta_{se850} \geq 87$ °C, $q_{850} \geq 17$ g/kg,地面温度 $T \geq 32$ °C。

关键词:强对流;混合型强对流天气;极端强降水天气;环境参量;对比分析

中图分类号:P458.1

文献标识码:A

关于强对流天气的分析,国内气象工作者已有许多研究成果,许爱华等^[1]通过对 2000 年以来全国近百次强对流个例的环境场进行分析,提出中国强对流天气的五种类别;樊李苗等^[2]分析了

中国短时强对流天气的探空环境参数,对不同强对流天气进行了区分;郑媛媛等^[3]对安徽不同类型大尺度背景下的强对流天气进行了短时临近预报预警研究;孙继松等^[4]对强对流天气分析与预

收稿日期:2018-05-28

作者简介:刘慧敏(1967—),女,汉,陕西佳县人,本科,高工,主要从事预报业务与技术研究。

带较实况偏南,未预报出台风外围气流对水汽通道的增强作用。因此影响了降水量级预报。GFS 预报的低层辐合、 θ_{se} 相对大值区、垂直上升运动的位置均明显偏西,故降雨大值区在内蒙古地区,垂直运动的次上升中心对应榆林上空降雨量中心。虽然水汽输送预报较好,但水汽通量散度辐合区偏北,降水量级偏小,为暴雨。JMA 的各项预报均与实况位置基本一致,只有水汽通量散度辐合区偏西,所以降水预报略偏西,在各模式中降水中心最接近实况。但由于低层气流及水汽辐合预报较弱,降水量预报很小,未达到暴雨量级。

参考文献:

[1] 张宏芳,潘留杰,杨新. ECMWF、日本高分辨率模式

降水预报能力的对比分析[J]. 气象,2014,40(4):424-432.

[2] 高永辉,李俊,郝明坤.“7·21”特大暴雨成因分析及预报检验[C]//中国气象学会. 第 30 届中国气象学会年会论文集. 2013:1-11.

[3] 梁寒,陈传雷,聂安祺. 辽宁地区“8.16”特大暴雨过程数值预报产品检验[J]. 气象与环境科学,2016,32(6):1-9.

[4] 何光碧,肖玉华,屠妮妮,等. GRAPES_MESO 模式对一次强降水过程的预报及误差分析[J]. 高原山地气象研究,2012,32(1):8-17.

[5] 李明,高维英,张科翔. 陕西省中尺度模式降水预报效果检验[J]. 陕西气象,2008(4):9-12.

[6] 庞翻,蔡英. T639 数值产品对宝鸡暴雨的预报效果检验[J]. 陕西气象,2014(3):8-11.