

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, $T_{850-500} \geq 28^\circ\text{C}$, $(T-T_d)_{700} \geq 22^\circ\text{C}$, 地面风速 $\geq 4\text{ m/s}$;强降水型强对流天气, $\theta_{se850} \geq 87^\circ\text{C}$, $q_{850} \geq 17\text{ g/kg}$, 地面温度 $T \geq 32^\circ\text{C}$ 。

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.

报中的若干基本问题进行了分析和归纳,以加深对大气科学基础理论的深刻理解和正确应用。高晓梅等^[5]对鲁中地区强对流天气进行分类,分别给出环境参量预报阈值。

陕北黄土高原地处西北内陆,近年来极端降水频繁发生,给人民生命财产安全造成重大影响。对发生在陕北黄土高原榆林市主城区两次不同类型的极端强对流天气过程(2013年8月4日,简称“8·4过程”;2017年7月23日,简称“7·23过程”)进行对比分析,寻找天气系统关键环境参量的异同点,为做好短时临近天气预报预警积累经验。

1 资料选取和处理

选取资料为MICAPS常规气象数据,选取时次为与强对流天气发生最接近的时间。在具体分析中,榆林没有探空站,因此选取距离最近的东胜站和延安站的探空资料进行数据融合(榆林北部是东胜站,南部是延安,榆林与两者的距离都是200 km),便于对榆林高空气温、湿度、风场等气象要素的垂直配置变化进行连续性分析,计算使用两站的探空数据进行线性内插。

2 天气过程简述

2013年8月4日18:00—20:00,榆林市区出现极端强对流天气。主城区狂风暴雨伴随拳头大的冰雹,市中心广场站监测到的极大风速为34.2 m/s,风力等级达台风(飓风)级别;榆阳区马合镇2 h降水量达108.6 mm;榆阳气象站观测到的冰雹直径为17 mm,50 min降水量达47.6 mm,10 min最大降水量达16.9 mm。冰雹砸坏车辆和房屋玻璃,暴雨导致城市内涝,受大风影响多处电力和通讯线路中断。

2017年7月23日16:00—19:00,榆林市区出现短时对流性大暴雨,市中心广场站16:33—17:13降雨量64.8 mm,分钟最大雨量5.5 mm。突发性暴雨导致红山路被大水全部冲毁,两侧房屋倒塌,经济损失惨重。

通过对比发现,“8·4过程”是混合型强对流天气,既有大风,同时还有冰雹、暴雨出现。“7·23过程”是极端强降水天气。两次过程都具有局地性强、历时短、强度大、灾情重的特点,是近年来少见的极端强对流天气。

3 环流背景

3.1 “8·4过程”

2013年8月4日08时200 hPa西风带高空急流位于40°N。500 hPa天气图上(图1a,图见第26页),亚洲中高纬度为平直西风气流有小波动,槽区位于115°E~117°E。贝加尔湖底部有冷空气分裂南下,在内蒙古东部115°E形成低于-12℃的冷中心,副高588 dagpm线位于长江流域,青藏高压中心偏东,强度较弱,仅在500 hPa以下有闭合环流。700 hPa河套西部有西风和西南风之间的切变线,切变线两侧均为干区,无明显的温度、湿度差异,温度露点差大于20℃。850 hPa河套西部也有弱切变线,位置较700 hPa切变线位置偏西。地面图上,河套西部为热低压,榆林处于低压前部的偏南气流中。从环流形势的垂直分布来看,榆林上空为前倾槽配置,500 hPa以上是干冷层,700 hPa为干区,850 hPa以下是暖湿层。地面上有较强的风场辐合,露点锋过境触发了强对流天气。

3.2 “7·23过程”

2017年7月23日08时200 hPa天气图(图略)上,南亚高压较为强盛,控制40°N度以南大陆地区,高空急流位于40°N~50°N,亚洲中高纬为西风气流。500 hPa(图1b)副热带高压强盛北扩,588 dagpm线西伸北抬至95°E,40°N。西风槽位于蒙古国至甘肃西部,河套上游有弱冷空气东移,榆林位于副热带高压边缘西南气流中,西南风达16 m/s。700 hPa河套地区有西风与西南风之间的切变线,风速4~10 m/s;850 hPa银川与延安之间有横切变,切变线两侧风速均为8 m/s。榆林上空整层较暖,中高层较干,有弱冷空气活动,中低层为暖湿气流。地面处于倒槽北端,有弱的风场辐合。热力抬升触发局地对流性暴雨。

3.3 2次过程环流背景的异同点

相同点:西风带急流位于40°N附近,副高比较强盛,天气影响区内低层具有高温、高湿和不稳定层结的特征。不同点:冷空气的影响方式有差异。“8·4过程”发生在前倾槽形势下,贝加尔湖底部-12℃强冷空气影响榆林,850 hPa有较强暖平流,形成了不稳定层结和较大的不稳定能量,且地面有较强的风场辐合和露点锋。“7·23过

程”发生在副高 588 dagpm 线内部的高温高湿环境下,中低层存在切变线,大尺度风场辐合较弱,地面处于倒槽北端,且有北路弱冷空气影响,地面热力抬升触发局地性强的对流性暴雨。

4 对流特征分析

形成对流的三个条件是水汽、不稳定层结和抬升力。

4.1 不稳定条件

分别用 $T_{850-500}$ (静力不稳定)、 $\theta_{se(850-500)}$ (位势不稳定)、CAPE(对流有效位能)分析两次过程的不稳定条件。8月4日08时 $T_{850-500}$ 为 28℃,7月23日08时为 23℃,“8·4过程”500 hPa 更冷,静力不稳定更强。8月4日08时 $\theta_{se(850-500)}$ 是 21℃,7月23日08时是 20℃,两次过程都处于盛夏,位势不稳定都较强。8月4日08时,东胜探空站 CAPE 值达到 1 587 J/kg。7月23日08时延安探空站达到 1 499 J/kg,两次过程均有较大的对流有效位能,“8·4过程”的对流抑制大于“7·23过程”。“8·4过程”整层比较干,没有明显的湿层,0℃层较低,位于 600 hPa。“7·23过程”600 hPa 以下为湿层,0℃层较高,位于 500 hPa”(图 2,图见第 26 页)。

4.2 水汽条件

地面露点温度表征近地层水汽的饱和程度,比湿和湿层厚度表征对流发生区上空的水汽含量,水汽通量散度表征水汽输送的辐合能力。

8月4日08时,榆林站地面(1.5 m)露点温度为 15℃。17时对流发生前增大到 21℃,露点温度出现跃增,低层湿度进一步增大。7月23日08时,榆林地面(1.5 m)露点温度为 20℃。14时对流发生前下降到 18℃,地面更为干热。地面露点温度变化表明,“8·4过程”强对流天气临近时,露点温度增加,低层的温度湿度增大,有利于积聚更多的能量。“7·23过程”强对流天气临近时,地面温度升高,露点温度降低,低层暖干,有利于热力对流的产生。两次过程的比湿分布显示,“8·4过程”天气区上空的水汽含量最大层位于 850 hPa,达到 13.4 g/kg,只在地面到 850 hPa 有湿层;“7·23过程”最大比湿达到 17 g/kg,湿层位于 850~700 hPa。7月23日天气区的中低层

比湿大于 8月4日的中低层比湿,湿层比 8月4日偏厚。本地水汽条件“7·23过程”优于“8·4过程”。

分析两次强对流天气发生之前(当日 08—14 时)水汽输送能力(水汽通量散度和流场相配合)发现,8月4日08时,水汽通量散度辐合区的水平范围较大,37°N~43°N 均为辐合区,中心辐合区位于 39°N~40°N。在天气区的北侧,最大水汽通量散度达 -7×10^{-7} g/(cm²·hPa·s)。垂直方向上有 2 个辐合层,低层辐合较强,位于地面到 750 hPa;中层辐合较弱位于 600~300 hPa。流场上表现为一致的上升气流。14 时,低层的中心辐合值减小到 -2.5×10^{-7} g/(cm²·hPa·s),辐合层增厚到 600 hPa;中层辐合值增大到 -0.5×10^{-7} g/(cm²·hPa·s)。流场仍表现为一致的上升气流。20 时是强天气发生时段,低层辐合再次增大到 -7×10^{-7} g/(cm²·hPa·s),辐合中心进一步接近天气区;且天气区北侧 40°N 形成较强的下沉气流,对天气区的上升运动有补偿作用。

7月23日08时,38°N 强天气区已有水汽通量辐合中心,辐合区水平范围为 37°N~39°N;垂直高度达 550 hPa,中心为 -8×10^{-7} g/(cm²·hPa·s),位于 850 hPa。流场上表现为上升气流。14 时,水汽通量散度的辐合中心北移到 40°N,中心为 -3×10^{-7} g/(cm²·hPa·s)。从流场可以看到天气区及其北侧形成双垂直环流圈,35°N 和 40°N 为下沉支,38°N(天气区)为强的上升支。流场中下沉气流的反馈作用有利于天气区上升运动的发展,并将低层的水汽输送到自由对流高度(750 hPa 附近),高于抬升凝结高度(850 hPa),有利于水汽的凝结,形成了中低层水汽的强辐合。

两次过程的水汽通量散度分析表明,“7·23过程”具有更强的水汽辐合。流场上表现为天气区的南北两侧分别有下沉气流对天气区的上升气流形成补偿,有利于天气区水汽的垂直输送。

4.3 触发和抬升条件

雷暴的触发需要大气低层有持续的上升气流^[5]。有组织的垂直风切变有利于形成较强的垂直上升运动,是对流发生强度的关键参量。地面切变辐合形成的动力抬升和加热形成的热力抬升

是强对流发生的触发条件。

“8·4过程”风的垂直切变计算表明,榆林北部的东胜探空站850~500 hPa风矢量差最大为15.1 m/s,达到中等以上较强垂直风切变^[2]。在地面天气图上可以分析出明显的干线(露点锋)过境,并且对流发生前本站地面风向为东南风,风力达到4 m/s。较大的风场辐合形成的动力抬升,触发了强对流的发生。“7·23过程”经计算东胜850~500 hPa风矢量差为14.0 m/s,属于弱的垂直风切变^[2]。在地面天气图上有弱的切变辐合系统,对流发生前地面风场由西南风2 m/s转为西北风2 m/s,说明有风场弱辐合。午后最高温度升到32.6℃,对流首先由热力抬升触发,随后与850 hPa切变线相结合,形成了深厚的湿对流强降水。

5 关键环境参量的预报参考阈值

在与强对流有关系的各种环境参量中,提取分别反映不稳定能量、抬升力和水汽条件的11项主要因子(表1)。将两次过程的各个因子比较可以看出,两次过程发生前都具有地面温度和露点温度较高,比湿较大,CAPE较大和垂直风切变、水汽通量辐合较大,表征位势不稳定的 $\theta_{se(850-500)}$ 均大于20℃。但是两次强对流天气的部分环境参量还是有很大的不同,这也许是区分对流性强降水和混合性对流天气的重要因素,可作为强对流天气分类预报的参考阈值。主要表现为:“8·4过程”有较强的地面风场辐合,700 hPa有干层, $T_{(850-500)}$ 明显高于“7·23过程”,体现了高层干冷的特征。可见对于“8·4过程”,除了必备的能量和不稳定层结外,需要700 hPa干层和地面较大的风速辐合。“7·23过程”较“8·4过程”的显著不同之处是 θ_{se850} 和比湿更大,700 hPa没有干层,500 hPa没有强冷中心,中低层均为湿热型,这类过程容易产生对流性暴雨。

6 结论与讨论

(1)两次过程都发生在盛夏,西风带急流位于40°N,副高588 dagpm线西伸到110°E以西,低层高温高湿的环境和高空急流的抽吸作用是形成强对流天气的环流背景。两次极端强对流天气都具有尺度小、强度大、历时短、灾情重的特点。

表1 两次强对流天气的关键环境参量

环境参量	“8·4过程”	“7·23过程”
地面温度/℃	28	32
地面露点/℃	21	18
θ_{se850} /℃	74	87
q_{850} /(g/kg)	13.4	17
地面风向/风速/(m/s)	SE/4	NW/2
CAPE/CIN/(J/kg)	1 587/339	1 499/74
垂直风切变/(m/s)	15	14
$T_{850-500}$ /℃	28	23
$\theta_{se850-500}$ /℃	21	20
$(T-T_d)_{700}$ /℃	22.5	3
水汽通量散度/ (10^{-7} g/(cm ² ·hPa·s))	-7	-8

(2)两种类型强对流天气的关键参量相同点是,过程发生前地面温度和露点温度均较高,850 hPa比湿较大,CAPE接近1 500 J/kg,垂直风切变大于14 m/s,水汽通量散度小于 -7×10^{-7} g/(cm²·hPa·s),表征位势不稳定的 $\theta_{se850-500}$ 均大于20℃。

(3)两次强对流天气的部分环境参量有很大不同,这也许是区分对流性强降水和混合性对流天气的重要因子。主要表现在:“8·4过程”有较强的地面风场辐合,700 hPa有干层, $T_{850-500}$ 明显高于“7·23过程”,体现了中高层干冷的特征。对于类似“8·4过程”的混合型强对流天气,除了具备必要的能量和不稳定层结外,需要700 hPa干层和地面较大的风速辐合。“7·23过程”较“8·4过程” θ_{se850} 和比湿更大,700 hPa没有干层,500 hPa没有强的冷中心,中低层均为湿热型,这类天气容易产生对流性暴雨。

参考文献:

- [1] 许爱华,孙继松,许东蓓,等. 中国中东部强对流天气的天气形势分类和基本要素配置特征[J]. 气象, 2014,40(4):400-411.
- [2] 樊李苗,俞小鼎. 中国短时强对流天气的若干环境参数特征分析[J]. 高原气象,2013,32(1):156-165.

- [3] 郑媛媛,姚晨,郝莹,等. 不同类型大尺度环流背景下强对流天气的短时临近预报预警研究[J]. 气象, 2011,37(7):795-801.
- [4] 孙继松,陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干

基本问题[J]. 气象,2012,38(2):164-173.

- [5] 高晓梅,俞小鼎,王令军,等. 鲁中地区分类强对流天气环境参量特征分析[J]. 气象学报,2018,76(2):196-212.

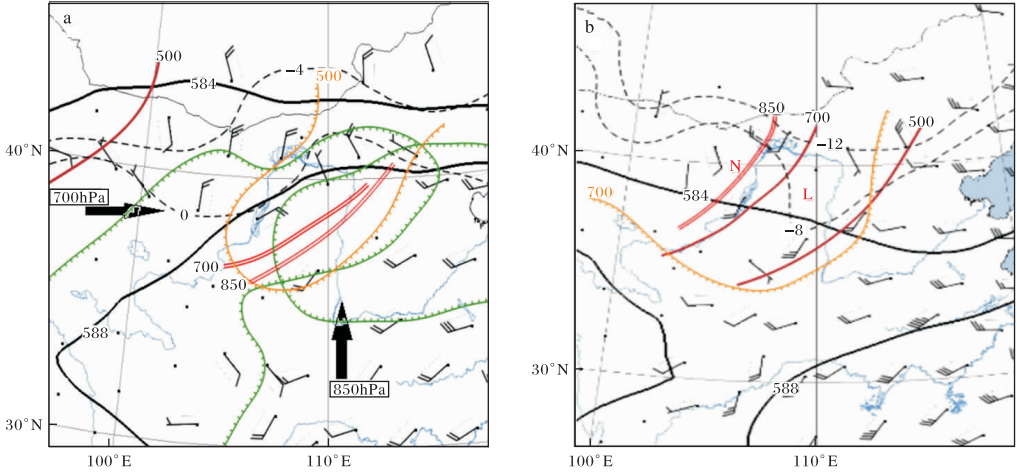


图1 2013-08-04T08(a)和2017-07-23T08(b)天气系统配置图(黑实线为500 hPa等高线;黑虚线为500 hPa等温线;黄线为干舌;绿线为湿舌;棕线为槽线;红双实线为切变线;风向杆为850 hPa风场;黑色箭头分别指向700和850 hPa湿区;文见第23页3.1)

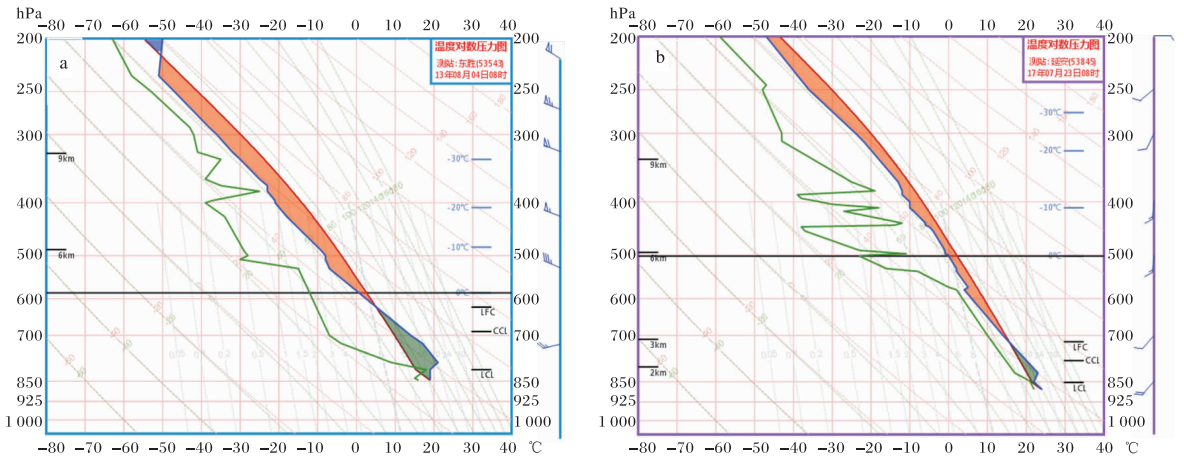


图2 2013-08-04T08东胜站(a)和2017-07-23T08延安站(b)探空图(文见第24页4.1)

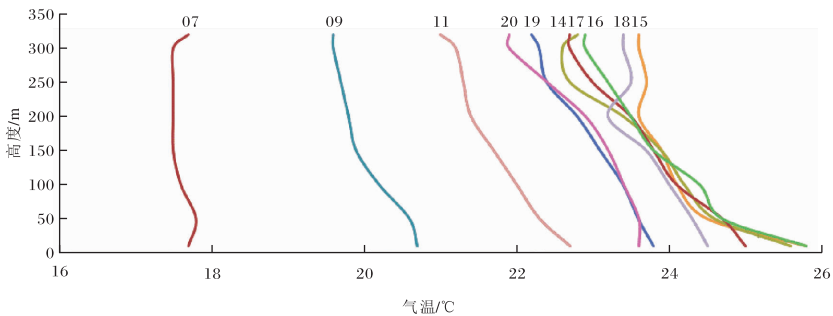


图1 观测点各时次10~320 m平均温度廓线(线条上数字代表观测时次,文见第28页4.1)