

纪凡华,李楠,韩雪蕾,等. 一次聊城强降雨天气过程诊断分析[J]. 陕西气象,2016(5):6-10.

文章编号:1006-4354(2016)05-0006-05

一次聊城强降雨天气过程诊断分析

纪凡华,李楠,韩雪蕾,席晓彤,王 丽

(聊城市气象局,山东聊城 252000)

摘 要:利用常规观测资料、自动站加密观测资料、NCEP $1^{\circ}\times 1^{\circ}$ 逐日再分析资料和济南多普勒雷达资料,对2015年8月3—4日聊城市一次强降雨天气过程进行分析。结果表明:此次强降水天气的主要影响系统有500 hPa西风槽、850~700 hPa切变线、850 hPa西南急流;降水前边界层逆温层有利于不稳定能量积聚,是产生雷电、大风的有利条件;强降水前低层大气高温、高湿,冷空气从700~850 hPa入侵,触发不稳定能量释放造成强降水;850 hPa以下水汽大量积聚到鲁西北地区,强水汽输送为本次强降水的发生提供了有利的水汽条件;降水时间内整层大气都存在强上升运动,加强了低层水汽辐合和不定能能量释放;雷达回波显示本次强降水过程分为2个时段,3日14:16—15:37主要为对流性降水,3日16:01—4日00:00为层状云降水。

关键词:强降雨;西南急流;中尺度分析;雷达回波

中图分类号:P458.121

文献标识码:A

暴雨是夏季影响鲁西北地区的重要灾害性天气。近年来国内一些学者针对山东省暴雨主要特征和成因进行了详细的分析,得出一些有用的结论^[1-7]。刘铮瑶等^[8]统计了济南市极端降水事件特征,发现极端降水事件多发生在持续降水中,并且极端值与正常值相比差值越来越大,极端性增强。阎丽凤等^[9]分析了山东在黄淮气旋影响下的暴雨落区,发现暴雨区集中出现在气旋中心北侧

的偏东风中;杨学斌等^[10]分析山东一次区域性暴雨,发现中尺度对流系统是造成暴雨的主要中尺度系统;周黎明等^[11]分析了山东一次暴雨过程的云降水微物理特征,发现造成暴雨的暴雨云团由多种不同高度的云系组成,其中对流云团在 -20°C 以上存在深厚的混合相增长带和冰化增长带。

鲁西北夏季降水具有突发性与局地性的特点,容易造成重大农业经济损失,本文利用常规观

收稿日期:2016-03-21

作者简介:纪凡华(1984—),男,山东莒县人,学士,工程师,从事中短期天气预报与服务。

基金项目:聊城市气象局气象科学技术研究项目(2015lcqx11)

[5] 侯建忠,许新田,张小玲. 热带气旋活动对陕西2007年两次大暴雨影响的综合分析[J]. 成都信息工程学院学报,2008,23(5):537-543.

[6] 张雅斌,武麦风,侯建忠,等. 陕西4次台风远距离暴雨过程的水汽条件对比[J]. 干旱气象,2014,32(5):788-797.

[7] 郭大梅,方建刚,侯建忠. 陕西一次远距离台风暴雨天气分析[J]. 干旱气象,2013,31(1):138-143.

[8] 郭大梅,刘瑞芳,侯建忠,等. 陕西一次远距离台风

持续性暴雨的成因分析[J]. 气象科学,2012,32(3):325-331.

[9] 李明,高维英,杜继稳,等. 远距离台风影响下的陕西大暴雨分析[J]. 干旱区研究,2011,28(3):514-523.

[10] 杜继稳,侯明全,梁生俊,等. 陕西省短期天气预报手册[M]. 北京:气象出版社,2007.

[11] 周文韬. 地面能量天气图及软件设计[J]. 陕西气象,2001(4):33-35.

测资料、自动站加密资料、NCEP $1^\circ \times 1^\circ$ 逐日再分析资料和济南多普勒雷达资料对 2015 年 8 月一次聊城局地大暴雨天气成因进行分析, 为此类天气的预报预警提供参考。

1 降水实况

2015 年 8 月 3—4 日聊城市出现强降雨天气, 局部达到大暴雨量级(图 1), 并伴有雷电和 7~8 级阵风, 主要降水时段出现在 3 日 15 时—04 日 00 时, 全市平均降水量 58.0 mm, 较大降水量为茌平贾寨 169.1 mm, 高唐杨屯 159.3 mm, 降水量 100 mm 以上乡镇 13 个, 降水量 50 mm 以上乡镇 69 个。最大雨强出现在 3 日 18:00—19:00 茌平站, 1 h 降水量 49.4 mm, 具有明显的短时强降水特征。

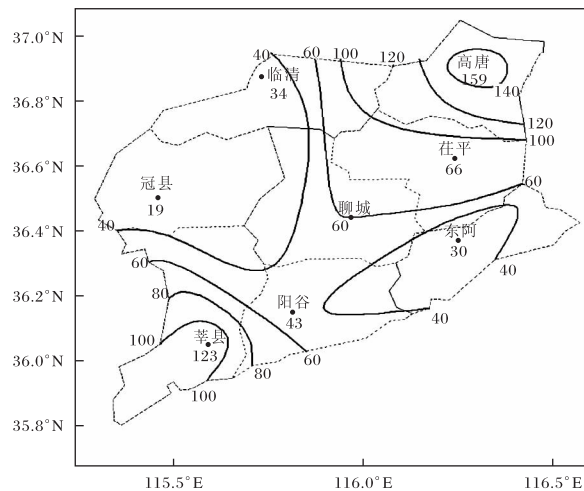


图 1 2015-08-03T15—04T06 聊城市
降水量分布(单位为 mm)

2 环流特征和影响系统

分析 3 日 08 时高空形势场(图 2)可以看出, 500 hPa 高空图上副热带高压(以下简称副高)强盛, 脊线处于 30°N , 588 dagpm 北抬到山东南部地区, 副高西部边缘有较强的西南气流; 高纬度地区高空冷涡影响范围较广, 中心处于东北西部内蒙古自治区上空, 其底部西风槽槽线呈西南—东北向, 南部到达河套地区。700 hPa、850 hPa 高空图上, 河套地区有明显的切变线, 槽前华北上空有暖中心、正涡度平流和负变压, 低层高温高湿, 有利于短时强降水的发生, 850 hPa 高度上副高边缘的西南急流最大风速达 18 m/s , 水汽输送条

件较好, 鲁西北处于西南急流的左前方、700 hPa 切变线的右方。同时次的 $T-\ln p$ 图(图略)上, 低层存在逆温层, 有不稳定能量积累($K=43\text{ }^\circ\text{C}$; CAPE 值为 783.7 J/kg)。3 日 14 时地面图(图略)上, 华北存在低压系统, 低压内河北南部、山东西部出现雾, 说明近地面有高湿条件。此次降水主要影响系统为 500 hPa 西风槽、850~700 hPa 切变线、850 hPa 西南急流。

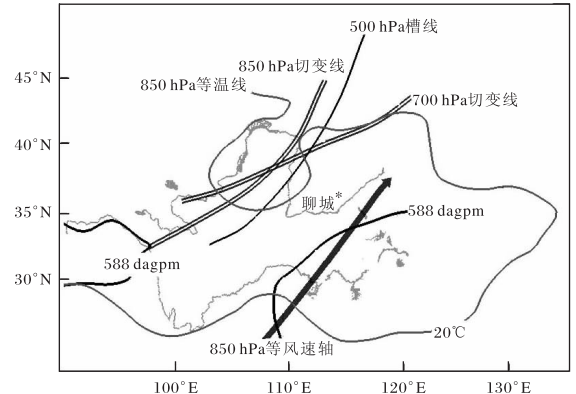


图 2 2015-08-03T08 高低空形势配置

从 3 日 20 时高空形势场(图略)上可以看到, 贝加尔湖弱脊后有弱冷空气侵入, 弱脊崩溃并推动冷涡东移, 副高 588 dagpm 线南撤到江苏北部, 低层 700 hPa、850 hPa 上切变线正好处于鲁西地区, 西南急流有所加强, 最大风力达 20 m/s , 向辐合区输送水汽的能力更强, 地面图上低压系统加强, 鲁西北仍处于负变压区, 辐合条件较好。

3 物理量场

3.1 假相当位温

从 3 日 20 时 850 hPa 的假相当位温分布(图 3a)图上可以看到, 山东—河南上空存在一高能舌, 假相当位温高达 $80\text{ }^\circ\text{C}$, $72\text{ }^\circ\text{C}$ 的大值区覆盖整个山东, 此地区有良好的高温、高湿条件; 河北北部和内蒙古受高空冷涡影响, 假相当位温小于 $52\text{ }^\circ\text{C}$ 。随着冷空气南下, 河北南部和鲁西北地区上空出现能量锋区, 锋区位置和强降水的落区一致。从沿着强降水中心(116.3°E , 36.7°N , 下同)的垂直剖面图(图 3b)可以看出, $115^\circ\text{E}\sim 117^\circ\text{E}$ 存在不稳定能量的积累, 对流不稳定层结上伸至 500 hPa, 115°E 以西 700~850 hPa 有假相当位温

的低值区,冷空气从此高度入侵,辐合加强,上升运动加强,引发不稳定能量释放造成强降水。

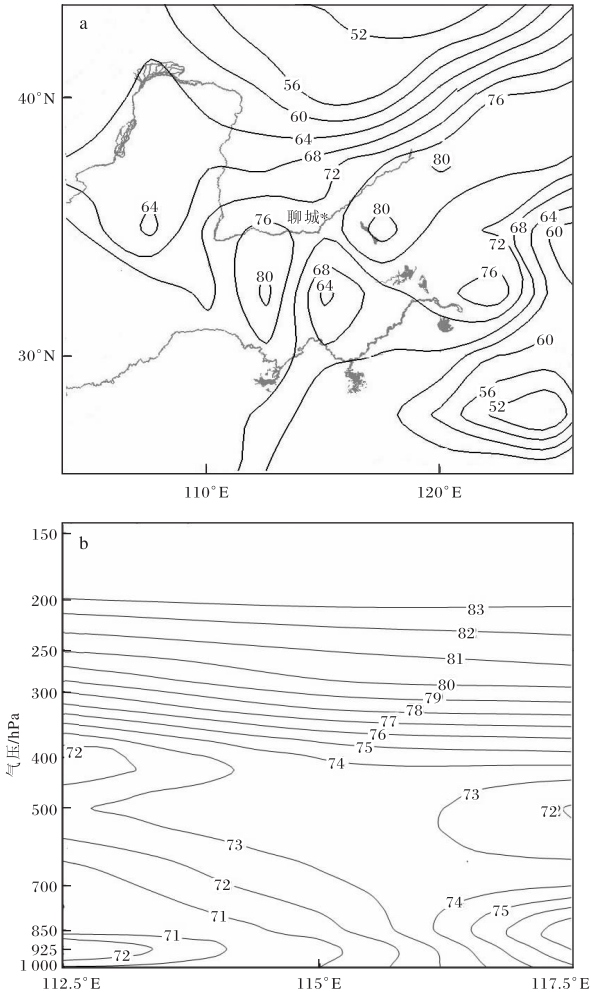


图3 2015-08-03T20 850 hPa 假相当位温和沿 36.7°N 假相当位温垂直剖面(单位为℃)

3.2 水汽条件

从3日20时水汽通量散度分布上可以看出,925 hPa(图4a)华北平原有较强的水汽辐合,水汽的净流入使空气趋于饱和,河北河南两省交界处水汽辐合强度最大值为 $65 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$,鲁中地区的水汽辐合强度仅有 $20 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 左右,鲁西北的水汽通量散度梯度最大,聊城处于西南急流的顶端;而850 hPa在鲁西北出现一个水汽辐散强度为 $5 \times 10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ 的中心,水汽从聊城地区净输出,说明925 hPa的水汽积聚是本次强降雨的有利条件。强降雨中心3日14时前低层大气比湿(图4b)达

$18 \text{ g}/\text{kg}$,有良好的水汽条件。15时,925 hPa以上比湿增加,随着低层水汽的积聚,湿层加厚,近地面水汽开始凝结形成降水。17时,850 hPa比湿达 $16 \text{ g}/\text{kg}$,空气中水汽含量最多,雨强达到最强。20时,950 hPa附近低于 $16 \text{ g}/\text{kg}$,水汽含量降低,雨强减小。4日02时,高空800 hPa以下比湿明显降低,925 hPa附近比湿低于 $12 \text{ g}/\text{kg}$,主要降水结束。湿层加厚的时间与强降雨发生的时间一致,低层比湿在强降雨时段一直大于 $16 \text{ g}/\text{kg}$,良好的水汽条件对暴雨发生十分有利。

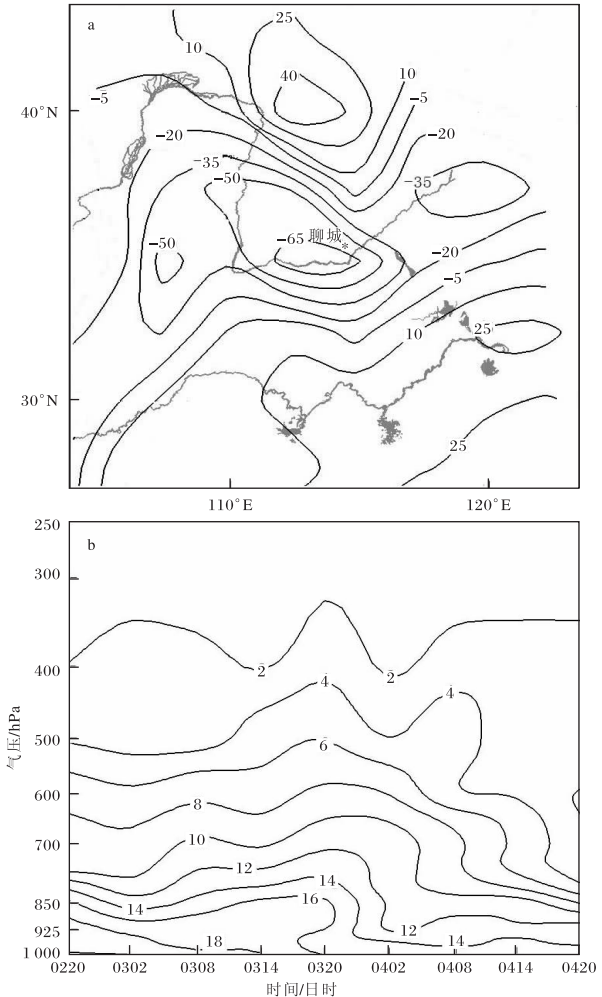


图4 2015-08-03T20 925 hPa 水汽通量散度(a,单位为 $\text{g}/(\text{cm} \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)分布和比湿(b,单位为 g/kg)时间垂直剖面

3.3 垂直运动条件

从强降雨中心的垂直速度演变(图5)来看,3日08时前高空大气有明显的上升运动,尤其是3日02时在500~700hPa有 $60 \times 10^{-2} \text{ Pa}/\text{s}$ 的上

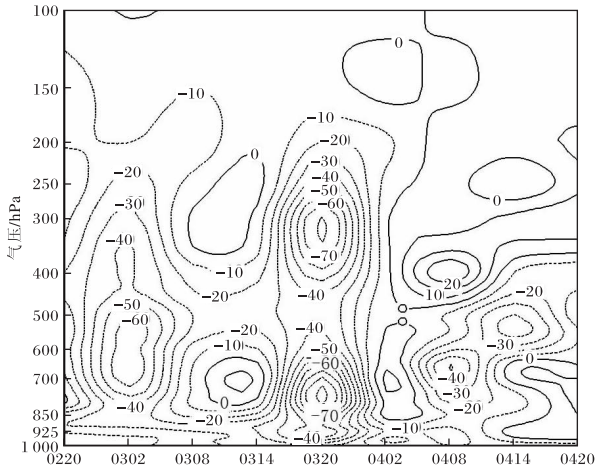


图5 2015-08-02—04 垂直速度时间
垂直剖面(单位为 10^{-2} Pa/s)

升速度大值区,整层大气的强上升运动抽吸作用使边界层内低空急流加强,水汽大量输送到鲁西北;08—14时,600~800 hPa有弱的下沉运动区,下沉速度为 10×10^{-2} Pa/s,850 hPa以下有上升

运动,上升速度为 20×10^{-2} Pa/s,弱下沉气流阻挡水汽向高空扩散,有利于低层空气中水汽积聚,比湿增大;14时开始,整层大气出现负垂直速度区,表明暖湿空气被触发,产生强上升运动,3日20时,800 hPa附近垂直上升速度达 100×10^{-2} Pa/s,这种强度的垂直气流突变使降水率增大,是产生短时强降雨的有利条件;4日02时,负垂直速度区迅速消失,整层大气中只有弱下沉气流,降水结束。上升运动对降水的主要作用一方面有利于外围空气向鲁西北辐合,使低层西南急流加强,另一方面使水汽绝热膨胀冷却凝结,触发不稳定能量释放。

4 多普勒雷达分析

从雷达降水回波变化可以看到此次暴雨分为2个时段,3日14:16—15:37为对流云降水回波(图6)和3日16:01—4日00:00层状云降水回波(图7)。

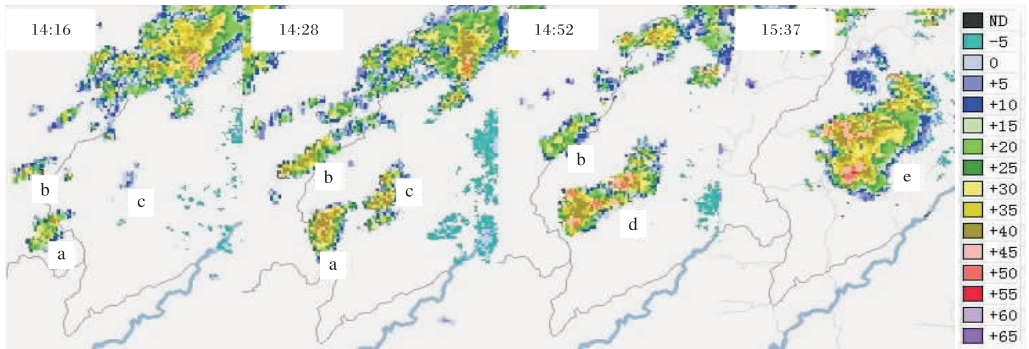


图6 2015-08-03 济南多普勒雷达基本反射率演变(单位:dBz)

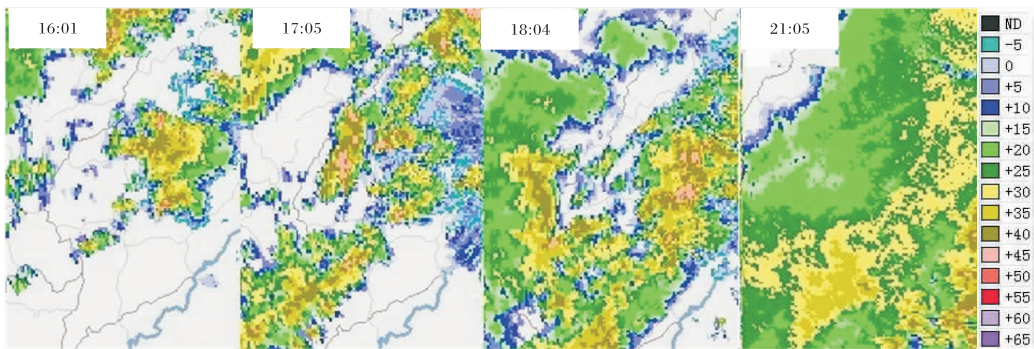


图7 2015-08-03T16:01—21:05 雷达基本反射率演变(单位:dBz)

3日14:16,冠县西部及其南部边界、东昌府区西南部有团状回波a、b、c生成,之后回波移动缓慢并加强,14:28冠县—东昌府区的团状回波

a、c开始合并,14:52合并形成带状雷达回波d,回波强度最大为55 dBz,14—15时降水最大出现在冠县城区为17.8 mm。15:37之后,雷达回波

b、d 继续向东北移动,且合并为 e,影响范围扩大到东昌府区、高唐县和茌平,最大回波强度加强到 60 dBz,茌平贾寨 1 h 降水量为 67.8 mm。此阶段降水回波呈孤立的块状,尺度小,结构密实,强中心到外围的强度梯度较大,发展后期回波强度在 35 dBz 以上,是对流云降水回波的主要特征。

3 日 16:01,受中尺度辐合线的影响,聊城上空出现片状降水回波,回波分布呈西南—东北向,发展迅速。17:05,阳谷已经出现大片回波,最大强度在 40 dBz 左右,且覆盖面积迅速扩大。18:04 已经覆盖整个聊城市并持续加强,截止 21:05,强雷达回波不断向降水区移动,呈“列车效应”,造成莘县、高唐县的局地大暴雨天气,同时次临清县西北部雷达回波明显减弱消失,其东南部回波维持,表明该地已受冷空气控制,随着冷空气继续从西北向东南侵入,降水区域减小。22:04 (图略),聊城市主要降水结束。本时段最大回波强度在 45 dBz 以下,降水强度稳定,落区移动方向和速度稳定,有层状云降水回波特征。

5 小结

(1) 此次强降雨天气的主要影响系统为 500 hPa 西风槽、850~700 hPa 切变线、850 hPa 西南急流。西风槽的发展,为强降雨过程提供了冷空气条件;副高边缘的西南暖湿气流和偏北气流在 700 hPa、850 hPa 形成切变线;降水前边界层存在逆温层,有利于不稳定能量积聚,是产生雷电、大风的有利条件。

(2) 强降水前低层大气高温高湿,有强烈的对流不稳定;925 hPa 强的水汽输送、积聚为本次强降水的发生提供有利的水汽条件;冷空气触发不稳定能量释放,强烈的上升运动是短时强降水的有利条件。

(3) 雷达回波揭示的本次强降水过程分为 2 个阶段,3 日 14:16—15:37 主要为对流性降水,雷达回波强度最大时雨强最大;3 日 16:01—4 日 00:00 为层状云降水,雷达回波不断向降水区移

动,呈“列车效应”,产生暴雨。

(4) 此次强降雨的水汽在 850 hPa 以上存在明显的辐散,显示水汽净输出,是本次聊城强降雨预报的难点,常规的预报资料对此类的天气指示性不强,有必要继续开展细致的研究。

参考文献:

- [1] 吴庆梅,刘卓,王国荣,等. 一次华北暴雨过程中边界层东风活动及作用[J]. 应用气象学报,2015,26(2):160-172.
- [2] 李耀辉,寿绍文. 一次江淮暴雨的 MPV 及对称不稳定研究[J]. 气象科学,2000,20(2):171-178.
- [3] 袁美英,李泽椿,张小玲,等. 中尺度对流系统与东北暴雨的关系[J]. 高原气象,2011,30(5):1224-1231.
- [4] 慕建利,李泽椿,湛芸. 一次强暴雨过程地闪活动特征与中尺度对流系统和强降水的关系[J]. 气象,2012,38(1):56-65.
- [5] 赵玉春. 梅雨锋对引发暴雨的中尺度对流系统发生发展影响的研究[J]. 大气科学,2011,35(1):81-94.
- [6] 刘寅,何光鑫,刘佳伟,等. 雷达资料的 3DVAR 和 EnSRF 直接同化方法对一次暴雨预报的影响分析[J]. 热带气象学报,2014,30(5):894-904.
- [7] 王红燕,吴璐,张晓鹏. AREM 模式对“04·08”豫中大暴雨的数值模拟和诊断分析[J]. 气象与环境科学,2013(4):36-42.
- [8] 刘铮瑶,董治宝,殷淑燕,等. 济南市极端降水变化特征及趋势分析[J]. 地球环境学报,2013,(6):1506-1512.
- [9] 阎丽凤,孙兴池,周雪松. 影响山东的黄淮气旋暴雨落区分析[J]. 气象,2014,40(12):1439-1445.
- [10] 杨学斌,湛芸,代玉田. 山东一次区域性暴雨中尺度特征分析[J]. 气象科技,2012,40(4):627-634.
- [11] 周黎明,王庆,龚细利,等. 山东一次暴雨过程的云降水微物理特征分析[J]. 气象,2015,41(2):192-199.