

2010年山东聊城市2次大暴雨形成机制的对比分析

徐娟,王健,纪凡华,吕博,李楠

(山东省聊城市气象局,山东 聊城 252000)

摘要:从环流形势、物理量场、雷达回波特征方面对比分析了山东省聊城市不同季节2次大暴雨的形成机制。结果表明:夏季大暴雨具有降水量大、短时性强、降水强度较强、危害大等特点。夏季大暴雨能量场强,多伴有强对流天气发生;大暴雨存在中气旋和逆风区,并且对应于暴雨和灾害性天气的发生区域;秋季大暴雨发生时,雷达回波强度不是很强,但持续时间比较长;秋季大暴雨发生时,物理量场上一些暴雨指标比夏季大暴雨稍低;大暴雨难以预报。

关键词:夏季暴雨;秋季暴雨;对比分析

中图分类号:P458.1⁺21.1

文献标识码:A

引言

2010年8月9~10日和9月5~7日山东省聊城市出现了2次大暴雨天气过程。8月的大暴雨出现在8月8日夜间至10日上午,大的降水时段主要集中在9日凌晨,聊城站2h内骤降158.9mm,并伴有强雷电现象。9日降水量为235.1mm,仅次于1985年7月24日的降水量328.7mm,成为本站54a来第2大强降水日。9月的大暴雨出现在9月5日18时至8日07时,降水一直持续,1h超过10mm的降水时段主要集中在7日14~17时。9月7日降水量达113.1mm,为9月份历史同期极值。

8月大暴雨降水强度较大,并且伴有强对流天气,造成了严重的城市内涝,致使聊城市8个县市区50个乡镇、办事处的农作物受灾,农田大面积积水,直接经济损失6.988亿元。而9月大暴雨受灾面积较小,经济损失仅1000余万元。

气象工作者对暴雨天气进行了大量研究,但大多数工作都是针对一次暴雨过程进行诊断分析^[1-4],或者是对发生于夏季的多场暴雨进行对比分析^[5-9]。本文利用常规观测资料、物理量场和雷达等资料对发生在盛夏和初秋季节的2次大暴雨进行对比分析,研究不同季节大暴雨天气的不同特点,找出不同季节大暴雨天气的预报着眼点,为减轻洪涝灾害和提高不同季节暴雨特别是秋季暴雨预报准

确率提供参考依据。

1 影响系统对比

8月大暴雨中,8日20时至9日08时500hPa(图1a)上蒙古低压槽加深闭合为蒙古冷涡,槽线南端位于河套附近。8日20时至9日08时副热带高压减弱,低槽东移,20时副高又西伸加强,低槽东移缓慢,副高边缘的西南气流输送加强。850hPa和700hPa切变线在鲁西北稳定少动。聊城市处于蒙古冷涡的东南象限和副高边缘,有利于产生强对流天气。在副高边缘暖湿的西南气流里,低层切变线的维持是本次大暴雨天气的另一成因。8日23时地面呈西高东低的形势,内蒙境内有一高压,冷锋位于河北地区。从山东到东北地区受低压倒槽控制。东南暖湿气流和倒槽前部的偏南气流汇合,与北部冷空气在陕西境内辐合,此时聊城市降水较小。9日02时鲁西北附近地区地面流场(图1b)上存在辐合区,至14时聊城市都处于辐合较强的区域。

9月大暴雨中,9月6日08时,500hPa(图2a)上5个系统并存,河套西部存在西北冷涡,东北有东北低涡,华北有大陆高压脊,华东沿海受副热带高压控制,588线稳定在110°E和30°N附近,台风“玛瑙”位于黄海。这5个系统相互制约,稳定少动。在副热带高压、大陆高压脊和台风的阻挡下,西北冷涡东移缓慢,长时间滞留在

收稿日期:2010-11-15;改回日期:2011-01-07

作者简介:徐娟(1978-),女,山东聊城人,硕士,工程师,主要从事天气预报工作。E-mail:xjsea2000@yahoo.com.cn

河套西部。6 日 08 时 850 hPa 和 700 hPa 上均有西南涡生成,西南涡切变线向东偏北伸展。7 日 08~20 时 700 hPa(图 2b)西南涡停滞于鲁西地区,造成聊城市出现持续降水。东阿站从 6 日 17 时开始出现降水,至 8 日 8 时降水停止,降水持

续时间长达 39 h。此次天气过程还有地面倒槽的配合。从 9 月 7 日 08 时地面图上可见河南东部安徽北部一带有倒槽存在,主要以东移为主。至 8 日 08 时倒槽已有明显南撤。降水时间较长是 9 月大暴雨形成的主要原因。

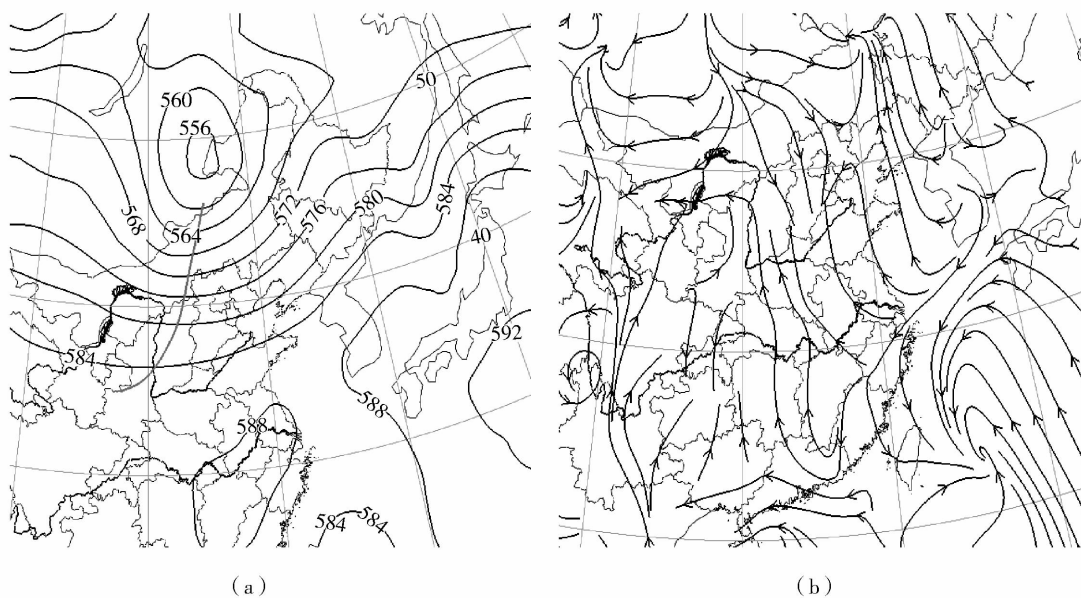


图 1 2010 年 8 月 9 日 08 时 500 hPa 环流形势(a)和 02 时地面流场(b)

Fig. 1 The 500 hPa synoptic situation at 08:00 (a) and ground flow field (b) at 02:00 on August 9, 2010

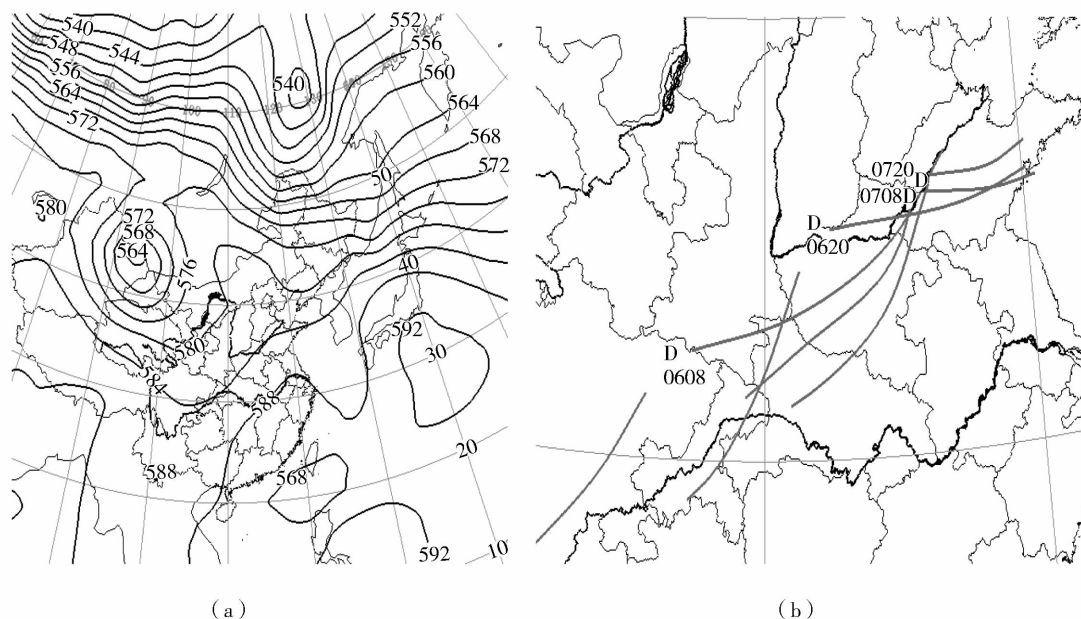


图 2 2010 年 9 月 6 日 08 时 500 hPa 环流形势(a)和 9 月 6~7 日 700 hPa 西南涡的演变发展(b)

Fig. 2 The 500 hPa synoptic situation at 08:00 on September 6 (a) and the evolvement of Southwest vortex from September 6 to 7, 2010 (b)

2 物理量场对比

2.1 水汽条件对比

充分的水汽输送和强烈的水汽辐合是暴雨发生发展的必要条件^[10]。通过分析2次大暴雨过程的低层比湿场和相对湿度发现,2次大暴雨发生时聊城市附近比湿都较大,有充足的水汽供应。但在低层1 000 hPa水汽通量散度场(图3)上看,虽然都处于辐合区,但8月大暴雨聊城市处于水汽辐合中心附近,水汽通量散度值为 $-8 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而在9月大暴雨中处于水汽辐合中心的外围,水汽通量散度值为 $-2 \times 10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,8月大暴雨的水汽辐合强度大于9月大

暴雨。

2.2 动力条件对比

分析2次暴雨时聊城站上空的垂直速度(图4)发现,2次过程都存在强烈的上升运动,8月大暴雨中垂直速度值 $> -12 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升运动区在400 hPa和300 hPa之间,而9月大暴雨中垂直速度值 $> -12 \times 10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$ 的上升运动区位于200 hPa至700 hPa之间。9月大暴雨的上升运动比较剧烈。而在散度场上,8月大暴雨300 hPa以下为辐合区,300 hPa以上为辐散区。9月大暴雨400 hPa以下为辐合区,400 hPa以上为辐散区。8月大暴雨的辐合层较深厚。

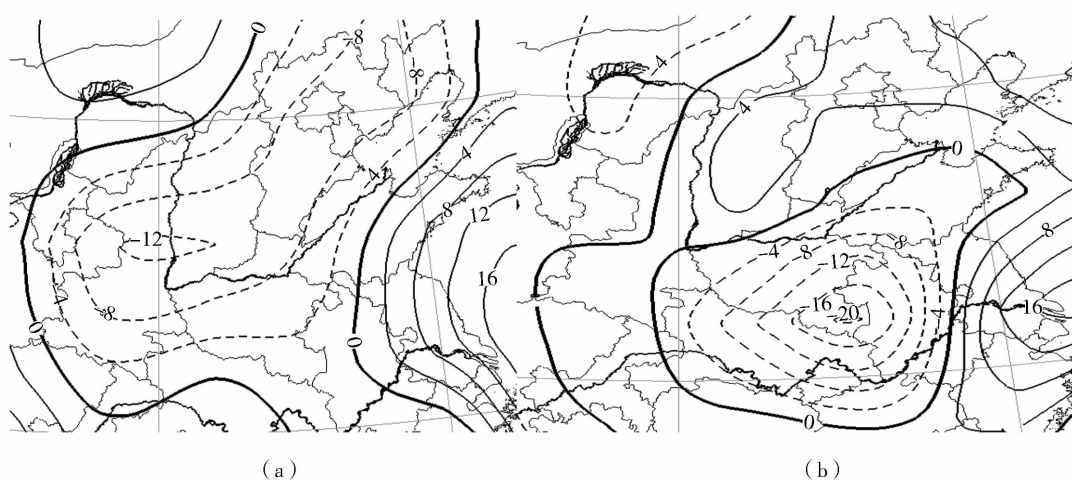


图3 2010年8月8日20时(a)和9月7日08时(b)1 000 hPa水汽通量散度场
(单位: $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig.3 The vapor flux divergence field at 1 000 hPa (Unit: $10^{-7} \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
(a) for 20:00 August 8; (b) for 08:00 September 7

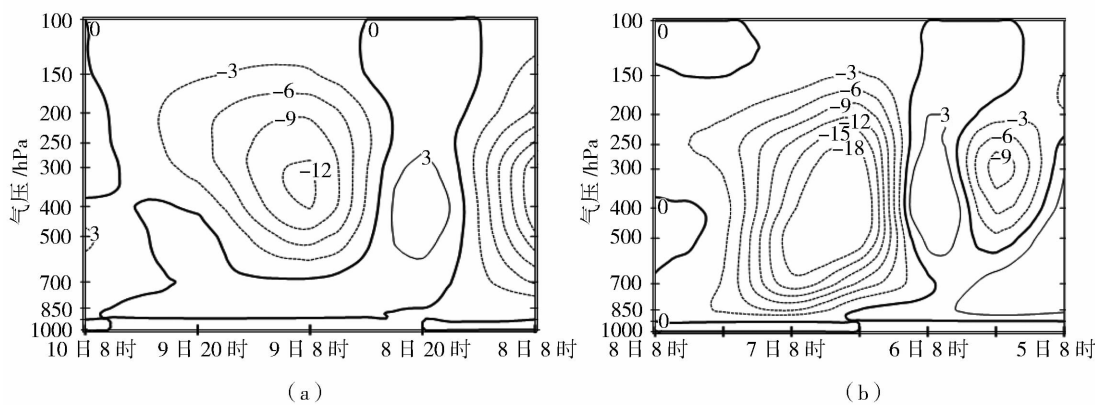


图4 2010年8月(a)和9月(b)大暴雨聊城市垂直速度时间剖面图(单位: $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig.4 Time cross section of the vertical velocity in Liaocheng (Unit: $10^{-3} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$)
(a)for August; (b) for September

2.3 能量条件对比

假相当位温 θ_{se} 表征大气的暖湿能量特征。大暴雨落区可产生于 850 hPa 能量锋的前沿或高能舌内部^[11]。8 月 8 日 20 时 850 hPa 上聊城市位于 $\theta_{se} \geq 80^\circ\text{C}$ 的高能舌内部(图 5a)。9 月 7 日 08 时 850 hPa 上聊城市位于 $60 \sim 64^\circ\text{C}$ 之间的 θ_{se} 密集区上(图 5b)。8 月大暴雨发生前的能量聚集比 9 月大暴雨要强得多,降水强度要大。气层中 θ_{se} 随高度降

低表示存在对流不稳定层结, $\Delta\theta_{se(500-850)} < 0$ 有利于对流的发展,负值愈大,表示对流不稳定愈强^[12]。同时 K 指数值越大,也表示大气层结越不稳定^[11]。8 月 8 日 20 时聊城市 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 为 -14°C , K 指数 $\geq 36^\circ\text{C}$; 而 9 月 7 日 08 时 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 为 -9°C , K 指数 $> 32^\circ\text{C}$ 。 $\Delta\theta_{se(500-850)}$ 和 K 指数都表征 8 月大暴雨中对流潜势能量较强,因此 8 月大暴雨中强对流天气发生剧烈。

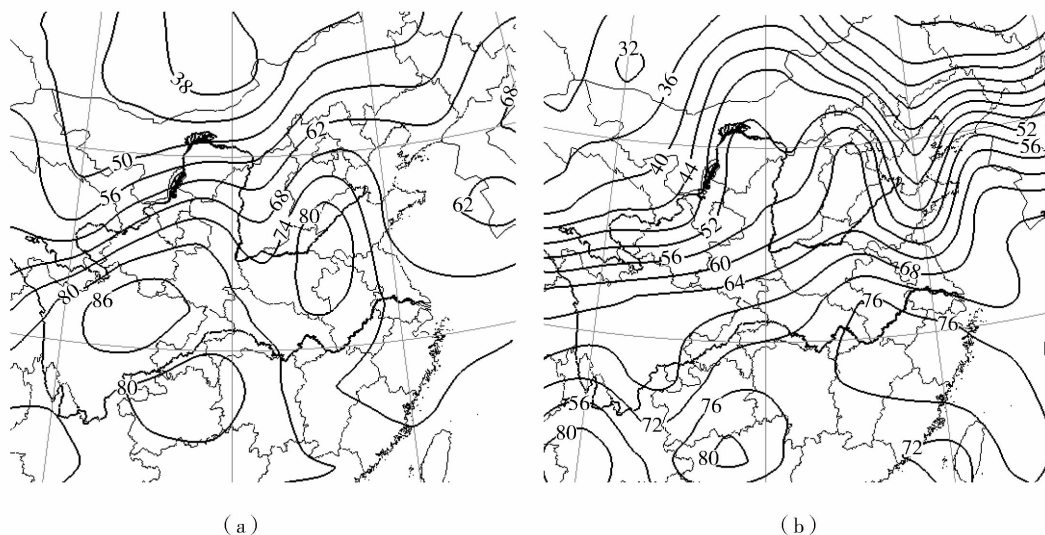


图 5 2010 年 8 月 8 日 20 时(a)及 9 月 7 日 08 时 (b) 850 hPa θ_{se} 场 (单位: $^\circ\text{C}$)

Fig. 5 The θ_{se} field at the level of 850 hPa at 20:00 August 8 (a) and 08:00 September 7, 2010 (Unit: $^\circ\text{C}$)

3 雷达回波特征对比

3.1 8 月大暴雨雷达回波演变及特征

8 月 8 日 20 时左右,邢台东部地区开始出现零散强对流云团,对流云团向东移动影响聊城市高唐地区。回波移动速度缓慢,并在聊城西北地区不断加强,主体强度达到 45 dBZ 左右。22 时左右,聊城市区附近开始生成强对流云团,并向东北方向移动发展。23 时左右,聊城东南方向也有强对流云团生成,在向东北方向移动的过程中不断加强。至 9 日凌晨,南北强回波云团在聊城市东部茌平县附近汇合,主体强度达到 55 dBZ 左右。9 日 01 时(图 6),回波已经演变成横跨聊城市区和茌平县的东西向强回波带,移动速度缓慢,且不断发展增强。副高边缘切变线南侧强盛的西南气流使得鲁西地区水汽得到充足的供应,为强回波的维持和发展提供了重要条件。

在平均径向速度图上,从 8 日 20 时开始,在聊

城市西北部地区存在着气旋式切变速度对,随着强降水中心的移动,切变速度对也随之移动。从 8 日 20 时至 9 日 11 时的径向速度图上,切变速度对附近始终对应着回波强度最大的地方。以 9 日 03 时径向速度图为例(图 7),切变速度对很明显地位于聊城市区以及东部的茌平县一带(图 7 中黄色矩形框区域),这里对应着一个气旋式的辐合中心,该中心的旋转速度将近 20 m/s ,属于中等强度中气旋^[13]。并且该区域内出现逆风区,存在明显的水平风向切变,逆风区有利于强降水回波的发展和维持^[14]。从区域自动站 9 日 02~03 时 1 h 降雨量上看,聊城境内存在 2 个强降水中心,一个在聊城市区,平均降水量 39.8 mm ,最大降水量出现在东昌学院 70.3 mm ;另一个降水中心出现在茌平县,平均降水量 33.4 mm ,最大降水量出现在茌平广平镇 86.5 mm 。中气旋和逆风区处对应于暴雨和灾害性天气的发生区域。

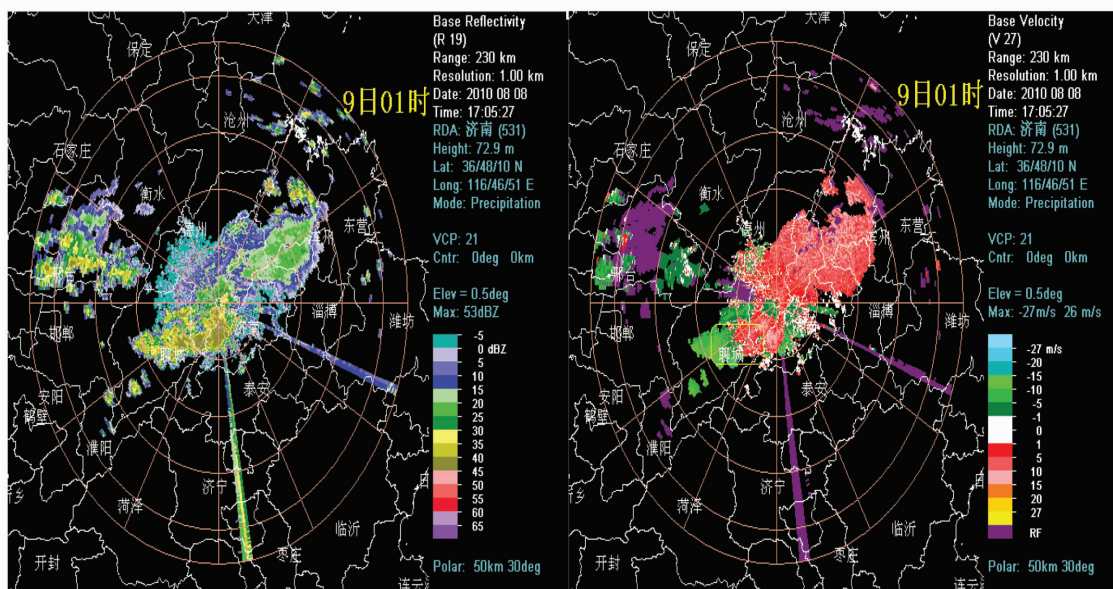


图 6 2010 年 8 月 9 日 01 时济南雷达站反射率因子图和平均径向速度图

Fig. 6 The radar reflectivity factor and average radial velocity at 01:00 August 9, 2010 at Ji'nan station

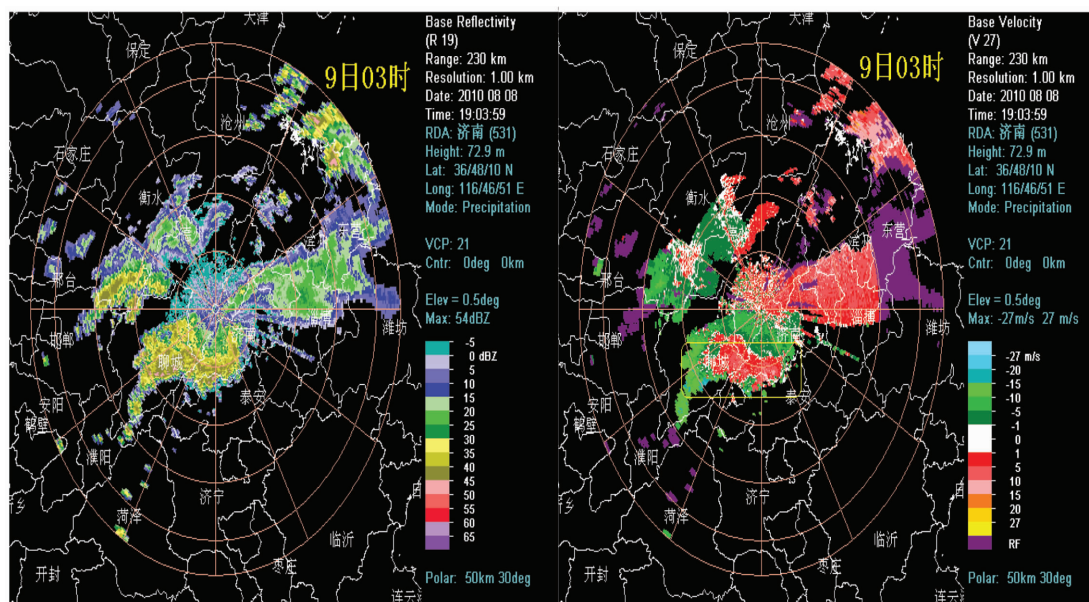


图 7 2010 年 8 月 9 日 03 时济南雷达站反射率因子图和平均径向速度图

Fig. 7 The radar reflectivity factor and average radial velocity at 03:00 August 9, 2010 at Ji'nan station

3.2 9 月大暴雨雷达回波演变及特征

9 月大暴雨的降水回波呈现大面积的混合型降水回波特点,回波强度整体不很强,最大回波强度在 35 ~ 40 dBZ 之间(图 8)。降水开始前,9 月 7 日 10 时的雷达径向速度图上显示低层风场以东风为主,高层

为西南风。降水持续期间,随着雷达低层风速加大,零径向速度线呈现明显“S”型,低层暖平流不断加强,回波强度明显增强。至 16 时,雷达径向速度图上低空东风急流增大,“S”型的零等速度线特征仍然明显,高空西南风急流维持,系统稳定,降水时间长。

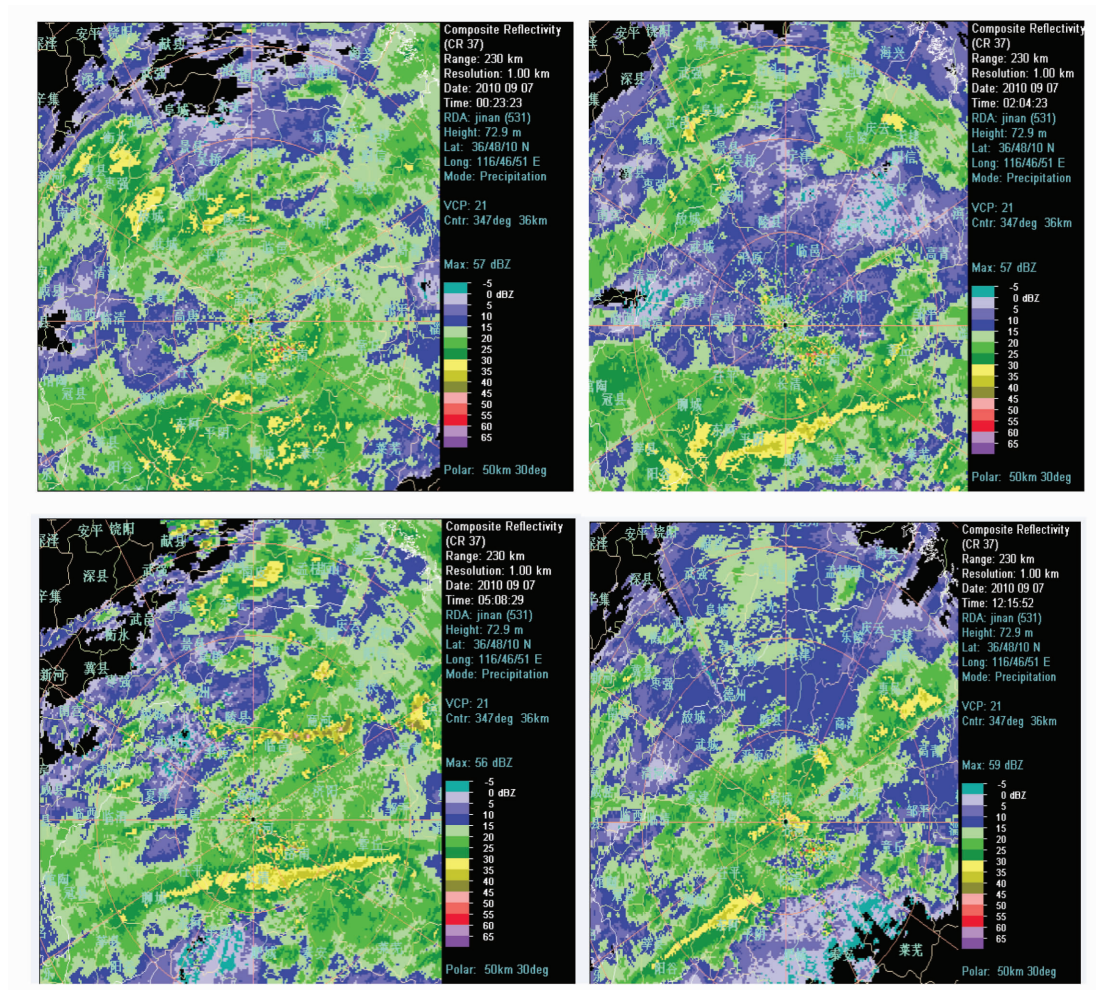


图8 9月大暴雨济南站组合反射率因子演变图

Fig. 8 The radar product CR evolution in September at Ji'nan station

4 小 结

(1)夏季大暴雨具有降水量大、短时性强、降水强度较强、危害大等特点;大暴雨是在高空冷涡和副高的影响下,低层切变线长时间维持造成的;盛夏暴雨能量场强,多伴有强对流天气发生;大暴雨存在中气旋系统,并且有逆风区。中气旋和逆风区处对应于暴雨和灾害性天气的发生区域。

(2)秋季大暴雨中低涡系统、副热带高压和台风相互牵制,系统移动缓慢,以及低层西南涡的停滞,造成持续降水;秋季暴雨发生时,一些物理量比夏季暴雨指标值稍低一些,而且雷达回波强度不是很强,因此秋季暴雨比较难以预报。

参考文献:

[1] 郑仙照,寿绍文,沈新勇,等. 一次暴雨天气过程的物理量分析[J]. 气象,2006,33(2):103-105.

[2] 张天峰,王位泰,吴爱敏,等. 庆阳一次暴雨天气过程雷达回波特征[J]. 干旱气象,2007,25(3):61-65.
 [3] 周振樟,候喜良. 南安市秋季一次大暴雨天气过程诊断[J]. 气象科技,2010,38(1):53-57.
 [4] 李安泰,何宏让,阳向荣. 甘肃东南部一次暴雨天气的数值模拟和螺旋度分析[J]. 干旱气象,2010,28(3):309-314.
 [5] 赵玮,王建捷. 北京2006年夏季接连两场暴雨的观测对比分析[J]. 气象,2008,34(8):3-14.
 [6] 管勇,刘玉明,胡丽华,等. 广东两次特大暴雨成因的诊断对比[J]. 气象科技,2010,38(5):565-571.
 [7] 马敬霞,肖志强,魏邦宪. 甘肃陇南地震灾区2次暴雨过程的诊断对比[J]. 干旱气象,2009,27(2):127-133.
 [8] 陈乾,张久林,陈添宇. 祁连山区2006年夏季降水过程的天气分析[J]. 干旱气象,2008,26(4):22-28.
 [9] 施望芝,张萍萍. 湖北省两次区域性暴雨过程的对比分析[J]. 暴雨灾害,2008,27(3):219-224.
 [10] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社,1992.
 [11] 曹钢锋,张善君,朱官忠,等. 山东天气分析与预报[M]. 北京:气象出版社,1988.

- [12] 滕水昌,殷玉春.河西走廊一次大雨天气诊断分析[J].干旱气象,2010,28(1):81-86.
- [13] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南,等.多普勒天气雷达原理与业务应用

- [M].北京:气象出版社,2006.
- [14] 陈鲍发,魏鸣,柳守煜.逆风区的回波演变与强对流天气的结构分析[J].暴雨灾害,2008,27(2):127-134.

Contrast Analysis of Two Heavy Rainstorm in Different Seasons of 2010 in Liaocheng of Shandong Province

XU Juan, WANG Jian, JI Fanhua, LV Bo, LI Nan

(Liaocheng Meteorological Bureau of Shandong Province, Liaocheng 252000, China)

Abstract: A contrast analysis of two heavy rainstorm occurred in Liaocheng of Shandong Province in different seasons was made from synoptic situation, physical quantity field and radar echoes characteristic. The results show that the summer rainstorm usually accompanied by strong convective weather, mid-cyclone and adverse wind areas. When the heavy rainstorm occurred in autumn, the intensity of radar echoes was not very strong but lasted longer, and some physical quantity indexes related to heavy rainstorm were lower in autumn than those of in summer. The forecast of heavy rainstorm in autumn is difficult.

Key words: summer rainstorm; autumn rainstorm; contrast analysis

~~~~~

(上接第 61 页)

## Analysis of a Heavy Hailstorm Occurred in Spring in South Edge of Zhunger Basin

WEI Yong, WANG Cunliang, YANG Jiancheng, LEI Wei, GUO Jinqiang

(Shihezi Meteorological Bureau of Xinjiang, Shihezi 832000, China)

**Abstract:** Based on the conventional observation data, Doppler radar products and observations of automatic meteorological station, the paper analyzed a heavy hailstorm weather occurred in the south edge of Zhunger Basin on May 2, 2010 from weather situation, cloud images change, evolution of physical quantity field and radar echo. The results showed that the hail weather occurred under the weather condition of unstable convective stratification, dry and cold at the middle or upper layer, but humid at the low layer; abundant vapor condition, a mesoscale convergent shear on the ground, the suited height of the 0 °C layer and -20 °C layer, strong vertical wind shear were all favorable to this weather process. The Doppler radar can properly monitor the developing processes of the hailstone weather. The appearance of >50 dBZ echo section and cove configuration, convergence region and adverse wind region, increase of VIL value (Vertical Integration of Liquid water) and STI (storm track information), these all have indication to occurrence of hail weather.

**Key words:** hailstorm; environment field; radar product