

两次突发性强对流天气的对比分析

王莉萍 崔晓东 王国宁 张国萍

(河北省衡水市气象局, 053000)

提 要: 为提高强对流天气的预报准确率,对2005年7月31日夜间和2004年6月7日下午衡水地区突发性强对流天气从影响系统、卫星云图、雷达回波及闪电定位资料特征等方面进行了对比分析。发现两次天气过程都属于降水天气结束后,又重新发展的强对流天气过程,预报起来具一定的难度。两次天气过程影响系统不同,造成的天气也不尽相同,“6.07”过程大风天气明显,且移动速度快,影响时间短,“7.31”过程局地短时暴雨天气明显,系统移动速度慢,影响时间长。两次天气过程的红外卫星云图特征不同,“6.07”过程的卫星云图呈带状,“7.31”过程的卫星云图呈团状,具有暴雨云团的特征。两次天气过程中大风和雷达基本反射率中的弓形回波具有非常好的对应关系。垂直积分液态水含量(VIL)的高值区的长时间影响与局地暴雨具有很好的对应关系,其值由高到低的骤减,预示着破坏性大风的发生。两次过程中大风发生前后雷电空间分布均呈扇状分布,对流发展成熟阶段造成雷击灾害的“6.07”过程中地闪所占比例较大,造成局地暴雨天气的“7.31”过程中云闪所占比例较大。在强对流天气的预报中,非常规气象资料起着很重要的作用。

关键词: 闪电定位 弓形回波 局地暴雨 中气旋 垂直积分液态水含量

Contrast Analysis of Two Paroxysmal Severe Convective Events

Wang Liping Cui Xiaodong Wang Guoning Zhang Guoping

(Hengshui Meteorological Office, Hebei Province, 053000)

Abstract: In order to forecast the severe convection events efficiently, two paroxysmal severe convective events occurred on Jun 7, 2004 and on Jul 31, 2005 are analyzed. The results show that the two weather processes are very difficult to forecast. The synoptic system and the weather phenomenon are different in the two events. The movement speed of the former is more rapidly than the latter. The characters in infrared satellite picture, the Doppler radar echo and lightning site data are also different. The wind on the ground has close relation to the bow echo on the map of Doppler radar base reflectivity and the rapid reduce of Doppler radar vertical integration liquid - wa -

ter content. The persistent influence of the high value area of VIL are corresponding to local heavy rain. The proportion of the cloud-flashes in the two weather processes is different. The non-conventional observation data are very important to the severe convection events forecast.

Key Words: lightning site bow echo local rainstorm mesocyclone vertical integration liquid-water content

引 言

雷雨、大风、短时强降水常常给工农业生产带来一定的危害和损失,所以一直是预报工作的重点,但是由于造成这些恶劣天气的强对流往往生消较快,利用常规天气资料预报具有一定的难度,因此也成为预报工作的难点。以往的研究表明^[1-6],雷达、卫星云图等非常规的新型探测资料具有常规气象资料所无法比拟的适时性、直观性以及特殊天气所具有的特殊性,在强对流天气的临近预报和监测中起着举足轻重的作用。每次强对流天气环流形势和非常规资料特征又各不相同。何彩芬^[7]对比了宁波地区夏季出现的强对流短时暴雨和台风短时暴雨的多普勒雷达回波特征,发现这两类短时暴雨在回波强度、回波高度及垂直液态水含量等产品有明显差异。赵玲^[8]对2004年两次不同性质的强降雨从环流背景、卫星云图、物理量场等方面进行了对比分析,发现强降雨发生前热力结构不同是造成两次不同性质强降水的重要原因。王雷^[9]通过对两次强对流天气过程的雷达回波特征分析得出多普勒雷达反射率因子图上弓形回波的后侧出现下沉入流急流,相应速度图上的速度值越大,回波移动速度越快,预示着所造成的地面风力也就越大。

2004年6月7日下午和2005年7月31日夜间,衡水区域内发生了两次突发性的强对流天气(以下简称“6.07”“7.31”)。这两次天气过程都属于一次降水过程结束后又发展的局地强对流天气。从天气影响系统,闪电

定位、卫星云图及雷达回波特征等方面对两次天气过程进行对比分析,以找出其异同点,在今后的预报工作中起到一定的参考作用。

1 影响系统

2004年6月7日08:00 500hPa在沧州有一低涡中心,从辽东半岛经衡水到山西南部为一NE—SW向切变线,切变线北侧为强劲的东北风,并有一最大风速为 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的急流核,而切变线南侧为风速 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上西南暖湿气流,在河南一带也有 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的急流核存在(图1a)。700hPa与500hPa低涡切变线相应的位置上也有切变线配合。在6月7日14:00的地面图上,在 40°N 附近,唐山中南部有一条弱冷锋在东移南压。

2005年7月31日08:00在500hPa高空图上,在山西省有一南北向浅槽,河套地区配合有温度槽,有比较弱的冷平流,在河套到太行山一带有急流核(图1b)。20时在 42°N 、 115°E 附近切出一个轴向为东西向的低涡,08:00的浅槽已经移出河北省,河套一带还有弱的冷平流,山西已经变为温度脊,衡水处在槽后的西北气流控制下,西北气流内的急流核较08:00时有所加强。

“6.07”天气过程是强对流在唐山中南部被激发生成后,沿涡后冷空气随强劲的东北气流迅速向西南方向移动,各县市14:00的气温均在 $26\sim 28^{\circ}\text{C}$,水汽压在 15.0hPa 左右,不具备强对流天气发生的高温高湿的本地环境,但高空冷空气强,大气层结不稳定,利于强对流的发展,属于回流天气过程,系

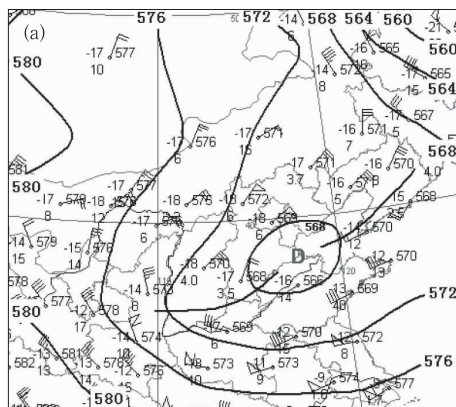


图 1a 2004 年 6 月 7 日 08:00
500hPa 形势

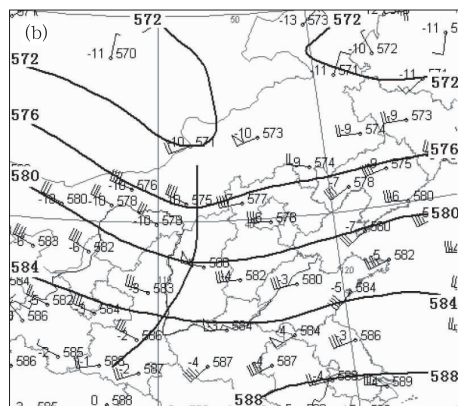


图 1b 2005 年 7 月 31 日 08:00
500hPa 形势

统移速快,影响时间较短,这次过程低层热力条件差,高空冷高空气强。“7.31”天气过程则是由于 7 月 31 日白天降水天气结束后,低层湿度大,降水结束后,由于太阳辐射,近地面层温度快速升高,14 时各县市气温在 30°C 左右,水汽压在 $25.0\sim 32.0\text{hPa}$,温湿条件对发生强对流天气更为有利一些。河套地区的弱冷空气沿槽后的西北气流缓慢向东南方向移动,和低层的暖湿气团形成不稳定层结,弱冷空气激发强对流,沿槽后西北气流向东南方向移动并不断发展,移动速度慢,影响时间略长,这次过程高空冷高空气稍弱,但低

层热力条件好。

2 产生的天气

“6.07”强对流天气,伴随扬沙、大风、雷暴、以及短时强降水等。衡水 11 县市出现雷暴,有 4 个测站出现了扬沙,7 个测站出现了大风(瞬时风速 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上),没有出现瞬时大风(瞬时风速 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上)的测站最大阵风风速也在 $7\sim 13\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。武强 50 分钟降水 11.1mm ,武邑 90 分钟降水 18.3mm ,深州 150 分钟降水 17.9mm 。出现了风向突变、风速剧增,温度骤降,湿度明显增大以及气压涌升等飑线天气特征,阵风风速较大,持续时间短,短时强降水不太明显,有雷击灾害。

“7.31”强对流天气,部分县市 10 分钟平均风速超过 $8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,武邑最大达 $12.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,从自动观测站资料看,桃城区极大风速为 $14.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,没有出现瞬时风速大于 $17\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的大风,但平均风速要大得多,持续时间长,造成夏播玉米的大面积倒伏。降水较明显,衡水所辖 11 县市中有 6 县市的雨量达到 15mm 以上,4 个测站出现短时暴雨,深州 1 小时的降水强度达 67.5mm 。

3 红外卫星云图特征

2004 年 6 月 7 日 12:00,影响衡水的低涡云系主体已经基本移出衡水,13:00 在 500hPa 急流核右前方,地面弱冷锋锋前的唐山南部激发出一对流云团,14:00 在黄河入海口也有一对流云团生成,唐山南部的云团发展加强,15:00 在两对流云团连线的中间沧州的海兴、盐山一带又有新的对流云团出现,16:00 三对流云团合并成一对流云线,强度进一步增强并向西南方向移动,17:00 开始影响衡水。低涡云系的涡旋特征仍然存

在,近似于逗点云,对流云团诞生于逗点头部气旋性切变较大的地方。从 15:00 到 18:00 对流云团合并生成的云团基本呈弓形(图 2a、b、c,见彩页)。和上午产生降水的由层云和积云组成的、范围较大、完整的低涡云系相比,下午的强对流云系积云特征更加明显,在母体云系减弱时获得迅速发展,然后在东北气流的引导下向西南方向移动。

由 2005 年 7 月 31 日卫星云图可以看出,12:30 在山西北部开始出现小的对流云团,14:30 对流云团发展,但没有明显的移动,18:30 对流云团合并成近东西向云带,到 20:30 一直处在南压的过程中,21:30 云带中有中小尺度对流云团发展,并开始影响北部县市,22:30 中小尺度对流云团的特征已经非常明显,23:30 云团东移(图 2d、e、f,见彩页)。这次过程中影响衡水市的对流云呈团状,具有暴雨云团的特征。白天影响衡水的低槽云系也是层云和积云混合云系,组织性较好,此次强对流云团积云特征非常明显,组织性差。

4 雷达回波特征不同

4.1 基本反射率

“6.07”过程中,14:05 在河北省东部和东北部生成三个风暴单体。15:08 三个单体风暴发展,回波核中心强度已经达到 60dBz,向西南方向略有移动,沧州附近的雷暴单体已经具有弓形回波的雏形。15:26 原来的三个雷暴单体逐渐合并成带状的雷暴群,并有小的新雷暴单体生成,并继续向西南方移动。16:05 带状雷暴群继续向西南方向移动,弓形回波特征更加明显,并且弓形回波的凸起部分正对衡水中部,和地面大风区对应(图 3a、b,见彩页)。

“7.31”过程中,21:01 弓形回波始现雏形,21:31 东北西南向回波带的前缘开始形成弓状回波,并伴有比较明显的出流边界,

21:02 回波带继续向东南方向移动,已接近衡水境内,弓形回波的凸起处正对深州,22:27 弓形回波压在深州境内,突起部分已经移到深州和桃城区、武邑交界处,在弓形回波经过深州期间的 21:13 出现了 $8.7\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西北大风。22:46 弓形回波继续向东南方向移动,开始影响桃城区、冀州、枣强,22:49 桃城区出现 $8.7\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的西北偏北大风,冀州和枣强也分别在 22:59、23:07 出现了 $8.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的大风。23:10 弓形回波移到武邑,23:13 武邑 10 分钟平均最大风速达 $12.3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ (图 3c、d、e,见彩页)。

由以上分析可以发现两次过程中都出现弓形回波,和地面大风对应较好。不同的是“6.07”过程中弓形回波更明显,大风天气要剧烈,在“7.31”过程的雷达回波中,在主体回波的前方出现了比较明显的出流边界,且和主体回波距离较近,说明对流发展比较旺盛,利于暴雨的产生。并且“6.07”过程中回波范围小,呈线状,但在“7.31”过程中回波范围大,成片出现。从雷达回波的演变看,回波移动慢,强回波得以较长时间地影响一地,这是深州出现短时强降水的原因之一。

4.2 径向速度

“6.07”过程中,14:05 中低层为东北风。如果实际风向在各高度层上为发散或汇合,则在速度图上零速度线呈弓形,由 14:05 的速度图上弓形的零速度线,可以推断,此时衡水还处于发散的流场中,16:05,发散流场已经转为辐合流场,并且在衡水附近出现逆风区,逆风区的位置和地面大风区的位置基本相当(图略)。

“7.31”中,14:46 深州附近也存在比较小的“逆风区”,但辐合特征更明显,而且回波区内还存在着很多绕流运动,从而加剧了气团的不稳定,进一步促成了强对流天气的发生(图略)。

4.3 垂直积分液态水含量

“7.31”中从垂直积分液态水含量产品分析可以看出 19:30 回波带内有多处 VIL 高值区,21:31 回波带接近衡水市时,高值区仍存在,最大值在 $60 \sim 65 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,21:43 回波在东移的过程中加强,最大值增加到 $65 \sim 70 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,22:02 强度骤减,22:20 强度再次增强,22:27 又减弱,22:33 到 22:39 一直呈增强趋势,22:39 最大值又达到 $65 \sim 70 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$,22:46 强度开始减弱。由以上的分析发现,回波强度变化存在强弱交替的现象,这段时间正是大风出现的时间(图 4,见彩页)。这和垂直积分液态水含量值由高到低的骤减,预示着破坏性大风的发生^[10]是相吻合的。同时还发现,不管 VIL 值由高变低,还是由弱变强,VIL 大值区和强降水区一直有很好的对应。和深州长时间处于强反射率因子影响相对应,从 22:02 到 22:46 深州一直处于 VIL 大值区,与深州出现 $67.5 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ 强降水有很好的对应关系。

“6.07”中垂直积分液态水含量值较小,回波强度变化也存在强弱交替的现象(图略)。在该过程中大值区减弱较快,影响时间又短,没有出现局地暴雨。

5 闪电定位资料特征

两次过程中大风发生前后,地闪的空间分布都呈扇形(图略)。系统发展较强时刻,闪电密度较大。不同的是在“6.07”过程中总闪为 3040 次,地闪为 2065 次,地闪占总闪的 67.93%;在“7.31”过程中总闪次数为 14014 次,地闪次数为 8447,占总闪次数的 60.28%。在对流发展最旺盛时刻“6.07”中云闪占 26%，“7.31”过程中云闪占 55%。

6 结 论

(1) 两次天气过程都属于降水天气结束

后又发展起来的强对流天气过程。

(2) 两次天气过程影响系统不同,造成的天气也不尽相同,“6.07”过程大风天气明显,且移动速度快,影响时间短,“7.31”过程局地短时暴雨天气明显,系统移动速度慢,影响时间长。

(3) 两次天气过程的红外卫星云图特征不同,“6.07”过程的卫星云图呈带状,“7.31”过程的卫星云图呈团状,具有暴雨云团的特征。

(4) 两次天气过程中大风和雷达基本反射率中的弓形回波具有非常好的对应关系。

(5) 垂直积分液态水含量的高值区的长时间影响与局地暴雨具有很好的对应关系,其值由高到低的骤减,预示着破坏性大风的发生。

(6) 两次过程中大风发生前后雷电空间分布均呈扇状分布,对流发展成熟时造成雷击灾害的“6.07”过程中地闪所占比例较大,造成局地暴雨天气的“7.31”过程中掌闪所占比例较大。

参考文献

- [1] 张芳华,张涛,周庆亮,等. 2004 年 7 月 12 日上海飊线天气过程分析[J]. 气象,2005,31(5):47-51.
- [2] 谢梦莉,黄京平,俞炳. 一次罕见的飊线天气过程分析[J]. 气象,2002,28(7):51-54.
- [3] 王军,周官辉,杜滨鹤,等. 豫北一次飊线天气过程分析[J]. 气象,2002,28(11):37-41.
- [4] 杨国锋,汤达章,刘晓,等. 一次强风暴天气闪电定位资料与雷达资料的综合分析[J]. 气象科技,2005,33(2):167-171.
- [5] 罗树如,支树林,俞炳. 强对流天气雷电参数和雷达回波特征[J]. 气象科技,2005,33(3):222-226.
- [6] 蔡晓云,宛霞,郭虎. 北京地区闪电定位资料的应用分析[J]. 气象科技,2001,29(4):33-38.
- [7] 何彩芬,朱龙彪,董杏燕,等. 宁波夏季强对流和台风短时暴雨雷达回波特征对比分析[J]. 气象,2006,32(10):67-72.
- [8] 赵玲,王林凤,王利. 两次不同性质强降雨的对比分析[J]. 气象,2005,31(11):69-73.
- [9] 王雷,赵海林,张蔺廉. 2004 年 7 月两次强对流天气过程的对比分析[J]. 气象,2005,31(11):65-69.
- [10] 俞小鼎,姚秀萍,熊廷南. 新一代天气雷达原理与应用讲义[M]. 北京:中国气象局培训中心,2002:272.

王莉萍等：两次突发性强对流天气的对比分析

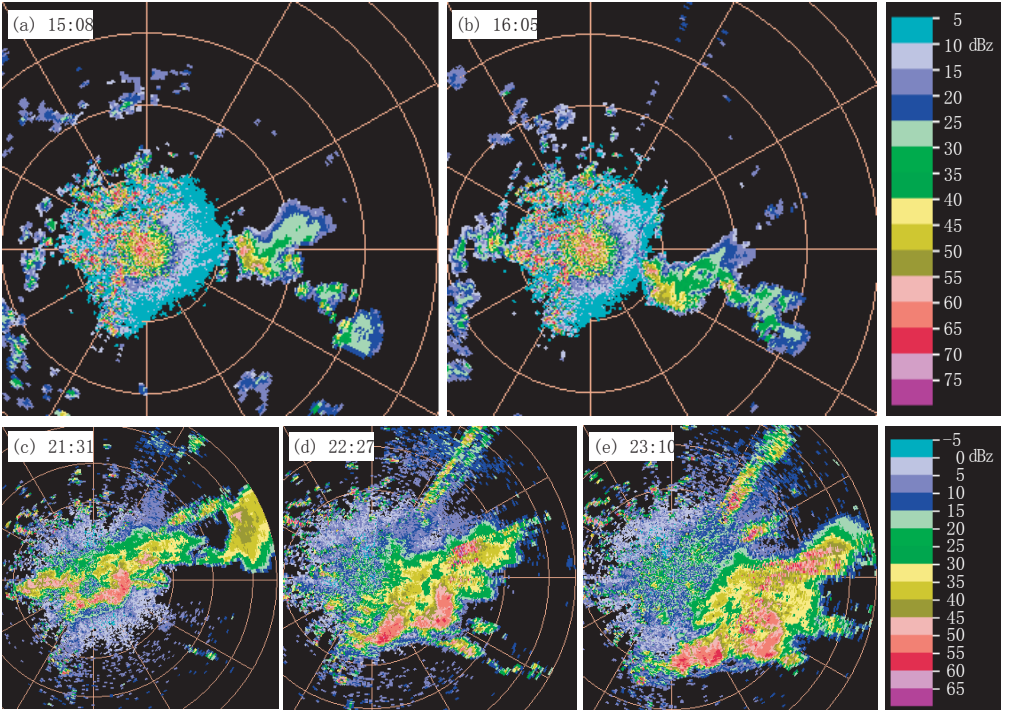


图3 “6.07” (a、b), “7.31” (c、d、e) 0.5°仰角雷达基本反射率

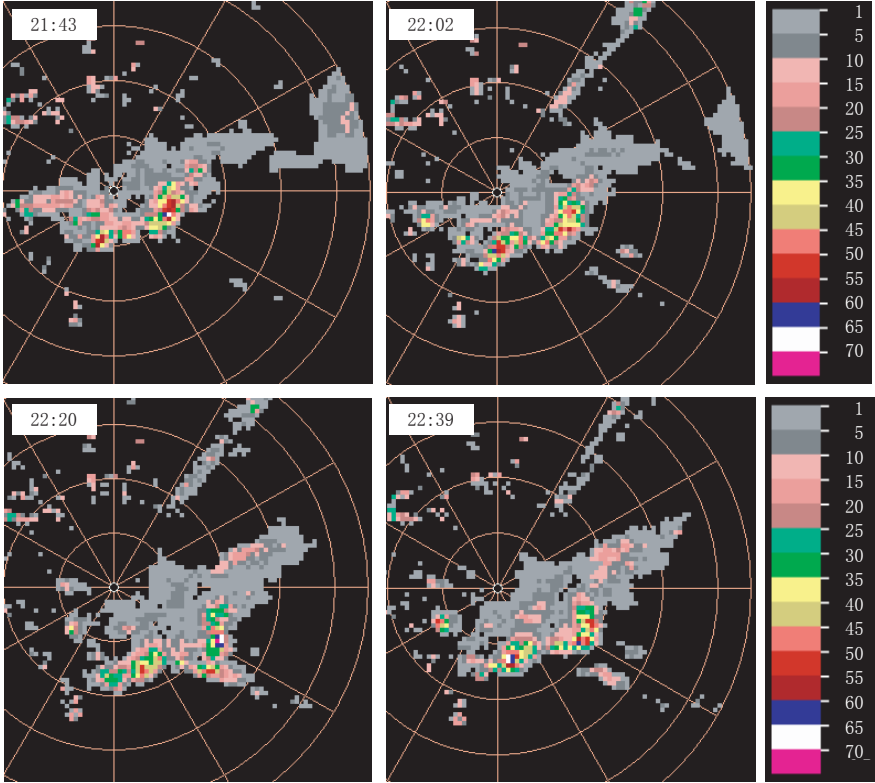


图4 “7.31” 垂直积分液态水含量($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)

王莉萍等：两次突发性强对流天气的对比分析

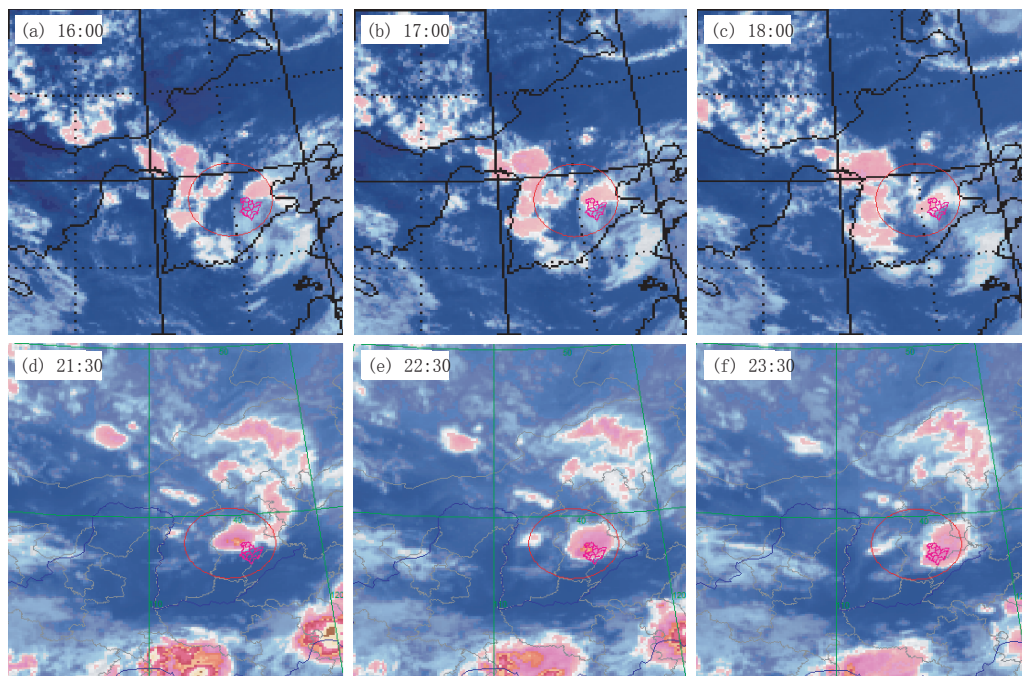


图2 “6.07” (a、b、c)和“7.31” (d、e、f)红外卫星云图
红色大圆为新乐雷达扫描半径230km观测范围，圆中小图为衡水分县地图