

一次飑线天气的非常规气象资料特征分析

王莉萍¹ 崔晓东¹ 常 英¹ 赵 平²

(1. 河北省衡水市气象局, 053000; 2. 河北省景县气象局)

提 要: 利用常规及非常规气象资料, 对2004年6月7日河北省衡水市的一次飑线进行了分析, 发现低涡切变线、地面冷锋是这次强对流天气的影响系统。从红外卫星云图特征看, 这次飑线过程属于在较弱的风垂直切变环境下生成的断续线型, 多个对流单体构成云线。从雷达回波特征上看其发生发展过程属于后续线型, 形成比较典型的弓形回波和逆风区。对比红外卫星云图、闪电定位资料以及雷达回波发现, 三种非常规气象资料在系统影响时间、强度变化, 移动方向方面具有很好的对应性。

关键词: 切变线 冷锋 闪电定位 弓形回波 逆风区

Analysis of Non-conventional Observation Characters in a Squall Event

Wang Liping¹ Cui Xiaodong¹ Chang Ying¹ Zhao Ping²

(1. Hengshui Meteorological Office, Hebei Province 053000;

2. Jingxian Meteorological Office, Hebei Province)

Abstract: Based on the conventional and non-conventional observation data, the squall event occurring on June 7, 2004 in Hengshui of Hebei Province is analyzed. The results show that the low vortex shear line and the cold front are the synoptic systems that caused the squall event. A cloud line is constructed by several convective cloud clusters on the cloud picture. The typical bow echo and adverse wind regions appeared on the map of Doppler radar reflectivity and velocity. By analyzing the cloud picture, lightning location data and Doppler radar echo, a conclusion can be drawn that the three kinds of non-conventional observation data

have close relationship to the influence time, change of intensity and moving direction of synoptic system.

Key Words: shear line cold front lightning location bow echo adverse wind regions

引 言

飊线是一种中尺度系统,它是由许多排列成带状的雷暴单体或雷暴群组成,出现时压、温、湿、风等气象要素有急剧变化,常伴有雷暴、降水、大风、冰雹等强对流天气现象。飊线对人民群众的生命财产安全造成一定的危害,成为预报工作的重点之一,但是因其发展迅速,生消时间短,局地性、突发性强又是预报工作的难点。近年来的研究表明^[1-4]卫星遥感、雷达回波以及闪电定位等非常规资料的应用弥补了常规气象资料观测时间间隔长的不足,在局地性、突发性强对流天气的监测及临近预报中发挥了重要的作用。

基于常规及非常规气象资料,从天气影响系统、气象要素、红外卫星云图、闪电定位资料及雷达回波等方面对 2004 年 6 月 7 日河北省衡水市的一次飊线进行了分析,力求加强对该类天气过程的认识,提高其预报准确率。

1 天气概况

2004 年 6 月 7 日 15:00—18:00,河北省衡水市发生了一次突发性强对流天气,这次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),没有出现瞬时大风的测站最大阵风风速也在 $7 \sim 13\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。武强、武邑、深州出现短时强降水。雷暴造成冀州市华村一工厂灭火系统遭雷

击,直接经济损失 3 万元。

2 气象要素变化特征

(1) 气温骤降: 15:00—17:00 饶阳气温从 27.9°C 骤降至 16.8°C , 衡水气温从 15:00 的 25.9°C 降至 17:00 的 17.4°C 。

(2) 湿度增加: 饶阳站 15:00 的相对湿度为 40%, 16:00 骤增为 92%。衡水的相对湿度由 15:00 的 43% 增加为 17:00 的 90%。

(3) 气压涌升: 两测站的气压从 15:00—17:00 上升了 $1.5 \sim 2.0\text{hPa}$ 。

(4) 呈带状分布的大风区: 6 月 7 日 15:00—16:30 左右, 共有 7 个测站出现瞬时风速 $17\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的大风, 风向由东南风变为东北风, 并且大风区呈带状分布(图略)。

3 影响系统

低涡切变线是产生飊线的天气尺度影响系统之一。图 1 是 6 月 7 日 08 时 500hPa、700hPa 形势场, 由图可以看出 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, 冷空气沿东北气流向西移动, 而切变线南侧为风速 $16\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上的西南暖湿气流, 在河南一带也有 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的急流核存在。冷暖空气交汇, 较强的冷空气激发暖湿气流产生飊线, 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, 冷锋在东移南

压, 锋后的冷空气激发了辐合线上的对流扰动发生发展(图略)。

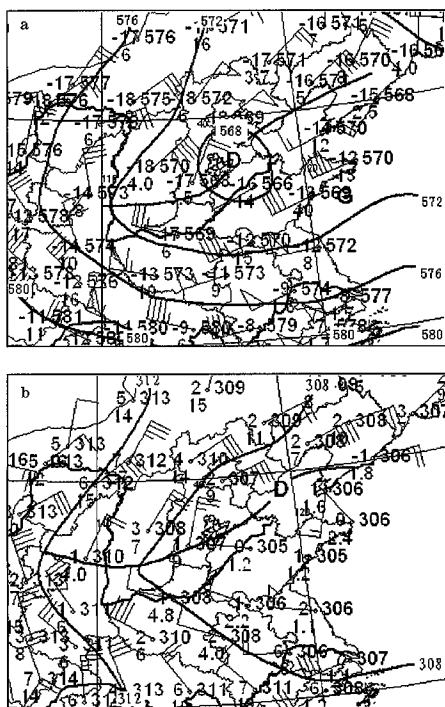


图1 2004年6月7日08:00 500hPa(a)和700hPa(b)形势场

4 非常规资料分析

根据7日08:00衡水周围邢台、北京探空资料计算发现, 邢台站的对流有效位能(CAPE)为 $729.04 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$, 北京站的CAPE值为 $29.97 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$, 均和强对流发生的阈值 $1500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ 相差很多。邢台、北京两站从地面到500hPa的垂直风切变分别为 $1.5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ 和 $2.7 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, 数值不大, 也不利于强对流天气的发生。6月7日上午衡水降水天气渐止, 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。这次强对流天气是在唐山南部产生

后, 在高空较强东北气流的引导下经沧州快速向西偏南方向移动, 横扫衡水大部分县市, 可以说是卷土重来, 根据常规资料进行短时预报具有一定的难度, 并且该过程出现在天气图间隔之间, 也给预报带来不便, 而红外卫星云图、闪电定位以及雷达回波却具有很好地时空连续性和实时性, 三者的结合使用在临近预报中起到了常规气象资料所无法替代的作用。

4.1 云图特征

12:00影响衡水的低涡云系主体已经基本移出衡水(图略)。从13:00—17:00的红外云图(图2, 见彩页)看, 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, 最低云顶亮温(TBB)为 -46°C , 14:00在黄河入海口也有一对流云团生成, 并且唐山南部的云团TBB降至 -47°C , 云团面积增大, 云团发展加强, 15:00在两对流云团连线的中间沧州的海兴、盐山一带出又有新的对流云团出现, 16:00三个对流云团合并成一块大的对流云, 强度进一步增强并向西南方向移动, 15:00、16:00TBB继续下降, 降至 -48°C , 说明对流云团进一步加强。17:00云团继续向西南方向移动, 开始影响衡水, 18:00—20:00云团继续向西南方向移动, 逐渐离开衡水(图略), 对衡水的影响结束。17:00TBB升高到 -45°C , 说明对流开始减弱。

单从云团的形状看, 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云系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, 这种特殊的云形, 在今后的灾害性强对流天气的临近预报和监测中应引起重视。

另外从衡水各县市的天气实况看, 大风不像降水发生在云团控制时, 而是发生在对

流云团逼近时。

4.2 雷达回波特征

由新乐多普勒天气雷达观测的基本反射率回波发现, 14:05 在河北省东部和东北部生成 3 个风暴单体, 最北端单体 (E1) 回波核中心强度已达 68dBz, 中间单体 (E2) 和南侧单体 (E3) 两回波较弱, 最大回波强度 43dBz (图略), 回波结构比较松散。到 14:30, E1、E2、E3 回波强度变化不大。14:43, E1 内出现 3 个强回波中心, 回波面积明显增大, E2、E3 变化不明显。15:02, 3 个单体前部开始出现弱的出流边界, 15:08E1 回波核中心强度在 60dBz 以上, 向西南方向略有移动, 且已经具有弓形回波的雏形 (图 3a, 见彩页)。15:26 E1、E2、E3 逐渐合并成带状的雷暴群, 并继续向西南方移动, 仍然是 E1 强, E2、E3 较弱 (图 3b, 见彩页), E1 的移动速度明显比 E2、E3 快。15:20E1 开始出现较明显的前侧和后侧槽口回波, 说明在单体的前后都有较强的入流, E2、E3 强度减弱。15:33 在 0.5° 仰角的基本反射率上, 出流边界更加明显, 说明在低层下沉气流开始增强, 并且该出流边界一直维持到 16:42, 与地面强风带吻合非常好。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 3c, 见彩页), 由 16:05 1.5° 、 2.4° 、 3.4° 仰角的基本反射率回波 (图 4, 见彩页) 看出 E1 在 3.4° 仰角上仍有较强的回波中心, 而 E2、E3 在垂直方向的伸展要弱得多。

由径向速度图可以看出, 14:05 分中低层环境风场为东北风。15:02 负速度区的面积比正速度区面积要大得多, 说明存在风的辐合, 速度最大值为 $-18\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 和 $8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 因此不但存在风向辐合而且存在比较

明显的风速辐合。15:14 入流速度大值区面积跃增, 辐合加强。15:33 在单体回波内开始出现弱的逆风区。15:58 逆风区加强, 由 $1\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 增加到 $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 衡水西北部出现明显的东北—西南向近似直线形的速度零线 (和雷达径向约有 30° 交角), 表明已经出现辐合。16:05 逆风区出现跃增, 在一个体扫内逆风区最大速度由 15:58 的 $4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 增加到 $8\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, 标志着对流的快速加强。16:17 逆风区仍然存在, 但强度减弱, 零速度线区域和雷达径向重合, 说明虽仍存在风场的不连续, 但辐合减弱。

由回波顶高度回波发现衡水天气发生时回波顶高度在 10km 以上, 且回波顶大值中心呈带状分布, 反映了多个雷暴单体的带状排列特征。16:30 以后回波顶高度迅速下降, 表明对流减弱。

4.3 闪电定位资料分析

根据闪电频次变化图 (图略) 可以看出, 地闪的高频次值集中于 13:00—15:00, 而 13:00 闪电频次出现跃增, 由 180 次/小时左右增至 375 次/小时以上, 这一时段正是对流云团处于发生发展的阶段。16:00 以后, 地闪频次骤降, 但云闪频次骤增, 这预示着系统由发展成熟阶段逐渐减弱。

从衡水闪电定位资料的时间分布可以看到, 到 12:00 时, 河北省东部及东北部还没有闪电发生 (图略), 12:30—13:00 在沧州附近开始出现零星闪电 (图略), 14:30—16:00 闪电逐渐密集, 并向西南方向移动, 且 15:00—16:00 沧州移过来的雷电密集区呈现明显的带状分布, 15:30—16:00 更为明显, 带状闪电密集区穿过衡水中部, 这和地面上带状大风区的分布非常吻合 (图 5)。之后闪电逐渐发散, 数量急剧减少, 系统减弱消亡。从云闪 (图略) 和地闪的时间分布看, 在整个天气过程中, 地闪占主导地位,

云闪只在 16:00—16:30 出现了较明显的增多,之后很快减弱。

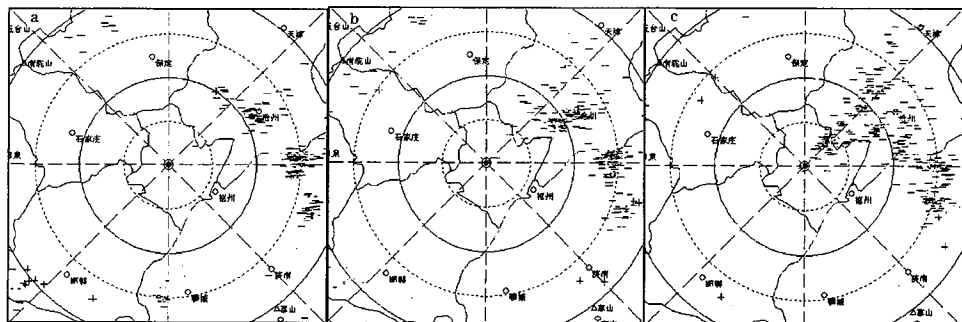


图 5 2004 年 6 月 7 日闪电定位资料的地分分布

a. 14:30—15:00; b. 15:00—15:30; c. 15:30—16:00

从雷电的极性看,整个过程中负闪居多,17:00 以后,正地闪明显少于负地闪。这是由于负电荷区主要位于云底附近而正电荷区位于云顶附近,云底负电荷区距地面较近,与大地之间放电相对容易,所以负地闪闪电次数较多。当 E1 与 E2、E3 接近后发生云际闪,较低单体 E2、E3 顶部正电荷与较高单体 E1 底部负电荷发生闪络放电而迅速中和,使得 E2、E3 呈现多余负电荷区,而 E1 则呈现多余的正电荷区。在这种情况下 E1 容易形成正地闪。

4.4 预报应用

综合以上 3 种非常规气象资料的分析可以发现:在闪电定位仪上 12:30 开始有闪电出现,从闪电的扩展方向可以快速知道对流单体的移动方向,到 15:30 左右开始影响衡水东部及北部县市有近 3 个小时的预报时间提前量。而在红外卫星云图上,13:00 唐山有对流云生成,到 14:00 从云的移动方向可以推断天气系统的移动方向,但是卫星云图从广播到接收一般要滞后半小时以上,这样运用卫星云图预报强对流天气有半个小时左右的预报时间提前量。对于雷达回波而言,由于雷达的扫描距离有限,在预报的时间提

前量上也有一定的限制,但是雷达回波特有的强对流天气的特征雷达回波弥补了这方面的不足。15:02 开始出现阵风锋,15:08 出现弓形回波,可以更加确定地预报地面大风的发生。这样就有近半小时的预报时间提前量。因此,在强对流天气的监测和预报中,可以结合闪电定位资料的即时性强、卫星云图观测范围大、雷达回波的强对流天气特征明显等优点,做好灾害性天气的临近预警和预报工作。

5 结 语

(1) 低涡切变线是这次强对流天气的影响系统。

(2) 从红外卫星云图特征来看,这次飑线过程属于断续线型。

(3) 整个过程中负地闪占主导地位。

(4) 从雷达回波特征看,系统发生发展过程属于断续线型,形成比较典型的弓形回波、逆风区,和地面大风区有较好的吻合。

(5) 对比红外卫星云图、闪电定位资料以及雷达回波发现,3 种非常规气象资料在系统影响时间、强度变化,移动方向方面具有很好的对应性。在强对流天气的监测和预

报中，可以结合闪电定位资料的即时性强，卫星云图观测范围大，雷达回波的强对流天气特征明显等优点，做好灾害性天气的临近预警和预报工作。

参考文献

- 1 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.
- 2 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.
- 3 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.
- 4 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.
- 5 陈艳，寿绍文，宿海良. CAPE 等环境参数在华北罕见秋季大暴雨中的应用 [J]. 气象，2005，31 (10)：56-60.

王莉萍等：一次飑线天气的非常规气象资料特征分析

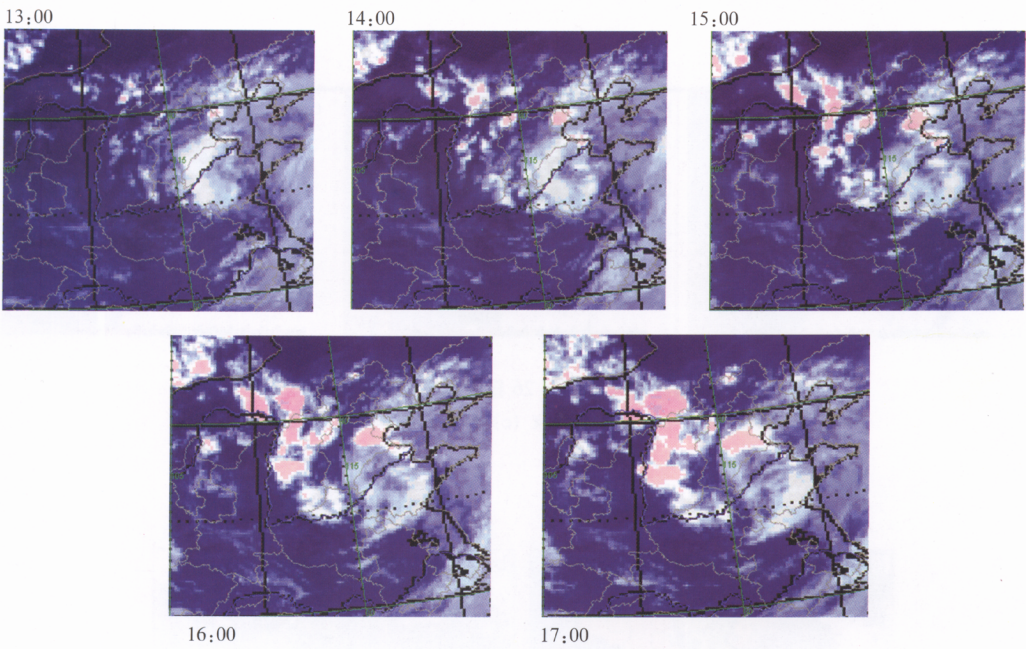


图2 2004年6月7日13:00—17:00 红外卫星云图

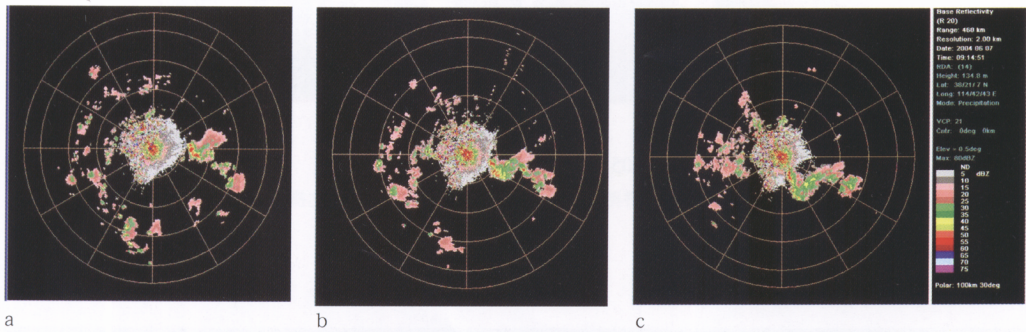


图3 2004年6月7日0.5°仰角基本反射率 15:08 (a), 15:26 (b), 16:05 (c)

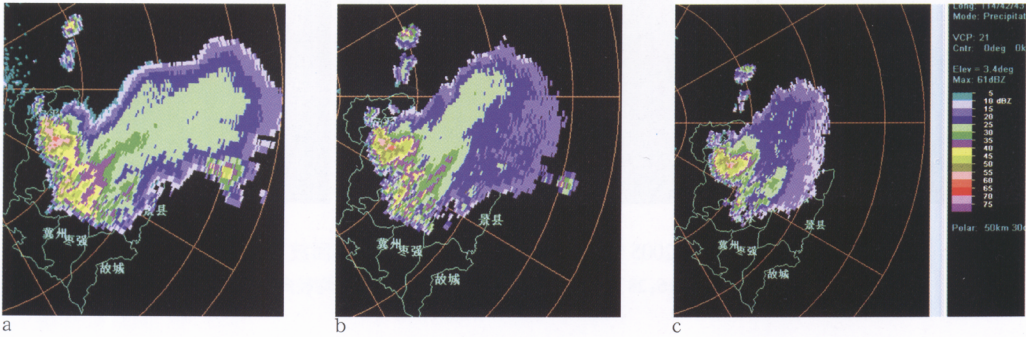


图5 2004年6月7日16:05 仰角1.5° (a)、仰角2.4° (b)、仰角3.4° (c) 基本反射率