

径向速度资料在预报工作中的应用

武翠萍

(民航北京气象中心,100621)

提 要

就首都机场 TDR-3600 多普勒雷达探测资料分析了超级单体、飑线、切变线等中小尺度强对流天气的径向速度图特征,解释其提供的风场信息。

关键词: 径向速度 零速度线 雷暴 冰雹

引 言

首都机场 TDR-3600 多普勒雷达自 1996 年 4 月正式投入应用以来,在短时预报中较好地发挥了其优势。尤其是对于超级单体、飑线、切变线等中小尺度的强对流天气,在值班预报员根据常规资料尚未预测到有强天气时,它多次首先及时探测到了强对流回波的出现;根据分析径向速度场及二次产品提供的信息,使预报员及早掌握了当时的天气现象,从而对天气系统的移动、可能造成的危害作出了正确的预报。本文就一些实例分析多普勒雷达资料尤其是径向速度图资料在实际预报工作中的应用和图像识别技巧。

1 超级雷暴单体

1996 年 6 月 29 日,在北京东北方发生了一次由超级雷暴单体引起的冰雹天气过程。回波是由单一的大单体组成,直径达 30~40km,回波的最大强度大于 60dBz,60dBz 强度回波的高度达 10km,回波顶高 14km,移速 40~50km·h⁻¹,其移动路径达 200km,沿途造成强雷暴和冰雹。

1.1 天气形势

当时的天气形势为,中高层位于槽后很强的西北冷平流之中,低层处于冷锋前,850hPa 暖舌明显,由高层的冷空气和低层的暖湿空气构成强的对流不稳定是这次雹暴发

展的重要机制。低层有一强的水汽辐合区,为雹暴提供了水汽资源。北部复杂的山区是对流发生源。

1.2 径向速度图分析

回波大约是在午后从北部 50km 处开始发展,沿高空西北引导气流向东南方向移动,动态图如图 1,图中 A、B、C、D、E、F 分别代表 13:54、14:29、15:05、15:27、16:17、16:51 时刻的回波强度分布。在回波系统的发展加

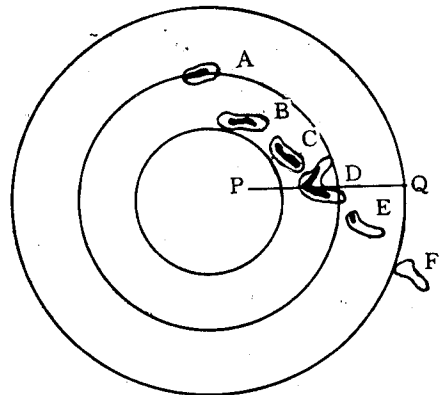


图 1

强过程中,由于较强的降雹区对电磁波产生强烈的衰减从而出现了“V”型缺口。图 2 是对 15:28 时的回波图中的“V”型缺口所作的任意垂直剖面,剖面位置从 P 点到 Q 点,等

值线由外向里依次为0~5、10~20、25~35、40~60dBz。我们看到在“V”型缺口的顶角为强回波区也即降雹区，强回波区远离雷达一侧是范围较大的弱回波区。强回波区的垂直剖面结构呈柱状，高度达14km。

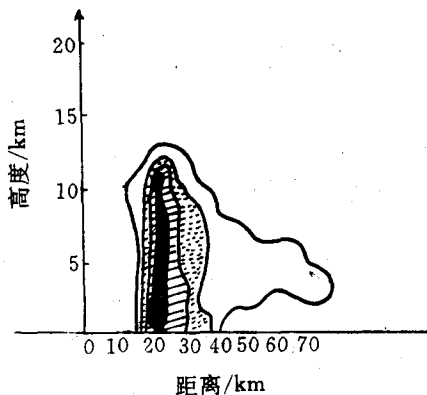


图2 1996年6月29日回波强度垂直剖面
剖面位置见图1中的P、Q点，原点为P点

使云内水分蒸发，空气进一步冷却降温而下沉。下沉气流在低层形成辐散。向西北方向的辐散气流，径向速度分量朝向雷达，其值为负值，对应a区。东南向辐散气流，径向速度分量为正值，与b区的入流形成辐合。上下二支气流彼此独立又相互共存，维持雹暴发展。降雹区就位于正速度极值区后沿的辐散区。正速度极值区两侧速度梯度很大，说明在很小的尺度里，风速变化急剧。当下沉气流加强，辐散占主导地位时，雹暴就将处于消散。

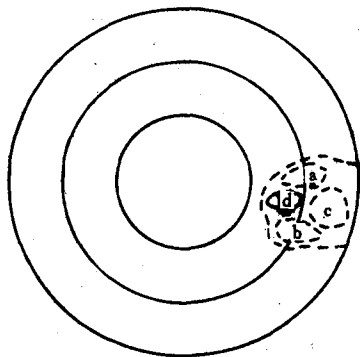


图3 1996年6月29日回波径向速度分布
每圈25km 仰角2°

图3是15:28时的雷达回波径向速度图，其分布为在大片负速度区中有一窄条状的正速度极值区如d区，它的分布基本呈东西向，位于降雹区，其速度极值为 $V_d = 13.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。窄条状的正速度极值区中，速度向周围迅速递减，由正变为零再变到负，梯度非常大。负速度区中有3个负极值区，分别为a区、b区、c区， $V_a = -13.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $V_b = -13.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、 $V_c = -19.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。为了容易理解它的速度图特征，我们先看看超级单体的气流垂直剖面结构(见图4)，超级单体是雹暴的一种形式，它具有一个近于稳定的有组织的内部环流，在迎着风暴单体的移动方向，有一支强而持续的东南向的上升气流，它来自近地面层暖湿气流的入流，它的径向速度分量朝向雷达，其值为负值，对应b区。在风暴单体的内部还有一支同样量级的下沉气流，它的形成是由于云内降水的拖曳作用和来自对流层的一支干冷空气的侵入，

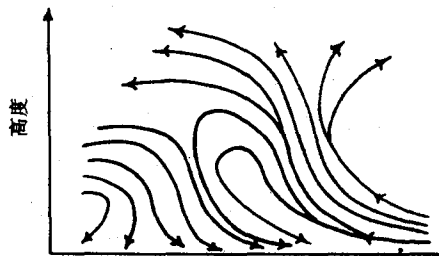


图4 超单体气流垂直剖面示意图
箭头方向为移动方向

2 飚线系统

1996年8月12日晚至13日凌晨一次强飚线系统侵袭北京地区，沿线造成了强风、雷暴、冰雹等危害天气，生命期达十多个小

时, 飚线的走向大约与 500hPa 上的气流保持正交的倾向, 沿 500hPa 气流的方向移动。回波最大强度达 60dBz, 10dBz 的回波顶高大于 15km。

2.1 天气形势

当时的天气形势为在 12 日 14 时的地面上, 张家口附近有一弱冷锋, 到 13 日 02 时锋面消失, 850hPa 上有一小切变线, 北京周围低层处于辐合区中, 中高层处于槽后的偏北气流之中, 冷平流明显。

2.2 回波分析

这次飚线过程的形成方式为断线型。回波带是由尺度和强度都差不多的回波单体紧密排列构成, 强度很大。初始时, 首先从东北方 100km 附近生成小的单体回波, 随后在本站西北至东北逐渐有若干小单体回波形成, 它们松散的排成一线。每个单体都各自发展, 并有新单体不断发生, 新老单体连接起来, 便最终形成了飚线。回波带呈东西走向, 如图 5。图 5b 是图 5a 相对应的径向速度图, 从宏观上看正负速度分布基本上与距离圈平行。正速度区在内侧, 气流径向分量远离雷达; 负速度区在外侧, 气流径向分量朝向雷达, 正负区之间梯度大, 表明正负速度区分界处风场有明显的强径向辐合, 回波带正处于旺盛的发展期。仔细分析, 我们看到它实际是由几个强辐合区构成的, I 区 (50°, 50km), II 区 (30°, 40km), III 区 (340°, 40km), 它们都有一对大体沿各自径向排列的正负强多普勒速度区。正负速度中心相距大约 10km。在强度图上, 有强的雷暴回波块与它们相对应, 高度大于 15km。图 6a 为飚线位于本站时的强度图, 它表现出一块很强的超单体, 图 6b 是相应的速度图, 我们看到本场东侧的一个负速度区中包含有一窄条状的正速度极值区, 窄条两侧速度梯度很大, 它类同于前面超级单体的特征, 反映出正速度极值区南侧为强辐合区,

北侧为下沉辐散区, 也就是风暴所在地。图 7a 为飚线已移出本站的形式, 飚线位于回波系统的前沿, 飚线后面通过一个次级强回波区后, 转为层状云区。我们知道飚线的前方有一支由前向后的入流迎着飚线上升, 到高层后分裂成向前和向后的两支气流, 随着系统的发展向后的气流就逐渐形成了宽广的尾随层状云区。图 7b 是其径向速度图, 强辐合带位于回波前沿, 飚线就位于零线附近的速度梯度大的位置。仍然是负速度极值区在外侧, 正速度极值区在内侧。辐合带后部的一片负速度区是由于在系统的发展过程中, 强对流辐合区向前发展, 其后逐渐被高层的干冷空气控制, 反映在径向速度图上就是远离区气流。

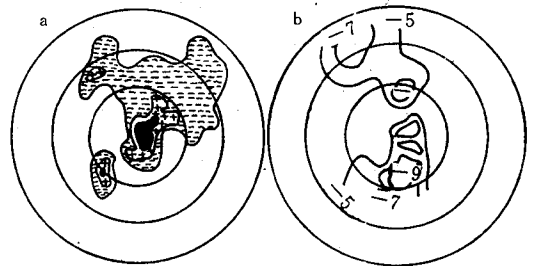


图 5 1996 年 8 月 12 日 00:15 飚线回波图
a. 回波强度 b. 径向速度图
图距: 25km, 仰角: 强度图为 0°, 速度图为 1°

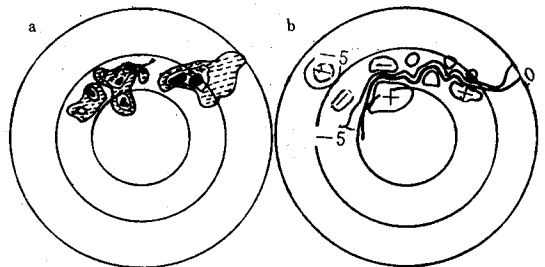


图 6 1996 年 8 月 12 日 02:17 飚线回波图
说明同图 5

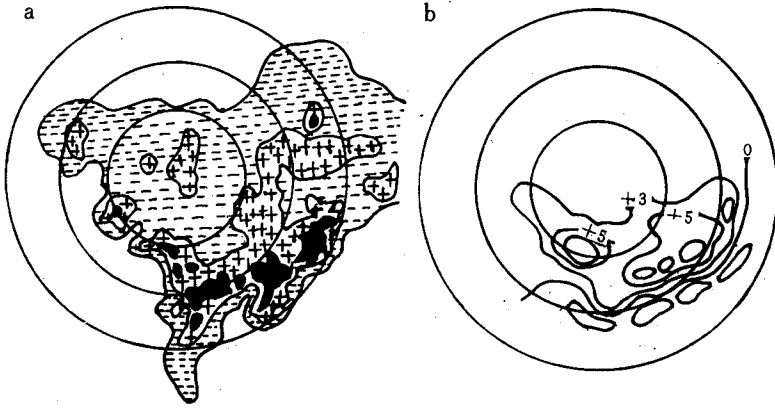


图7 1996年8月12日04:53 爬线回波图

说明同图5

3 暖式切变系统

这种系统发生在地面锋前,高空处于锋前的暖湿西南气流中。由于冷锋造成的锋前重力波引起的对流,加上暖区中暖湿空气的辐合,使得冷锋前逐渐形成深厚的对流雨带,由西南方向东北或东北偏东方向移动。对这种系统如果单从常规资料上分析,容易误判为冷锋云系,而我们从径向速度图很容易识别出有一暖式切变线的存在,1996年6月10日和6月22日二次伴随冰雹的强雷暴过程就是实例。这里仅对6月22日的过程进行分析。

3.1 天气形势

17时北京处于锋前的一个低压环流之中,冷锋与低压中心相距150km,高空整层处于槽前,槽前后冷暖平流明显。这次过程从22日下午15点多开始发生,维持了10几个小时,在北京及周围等地造成了强雷暴天气,并伴有短时大风。蔚县、涿县、良乡、南苑、通县等地出现了冰雹。

3.2 径向速度图分析

图8是径向速度分布图。从宏观上分析,零速度线的分布是由西北~东南向转为东北~西南方向。零速度线在方位170°、距离25km处有一折角,反映出风场中存在切变。有二个正速度极值区,分别位于方位90°、距

离25km处和方位160°、距离60km处。负速度极值位于方位240°、距离25km处。趋近区和远离区的不对称特征是水平流场中存在不同方向气流的反映。零速度线折角以西段的分布说明气流为西南气流,折角以南段气流为偏西气流。趋近区的东北侧和东南侧的等值线的密度不同,东北侧的较密,它对应的西南气流较强。我们可以定出切变线的位置如图所示。结合强度图分析可看出回波自西南方生成后,基本正是沿切变线的走向东移。这是因为切变线附近辐合最强,是强对流天气发生、发展和维持的地方。

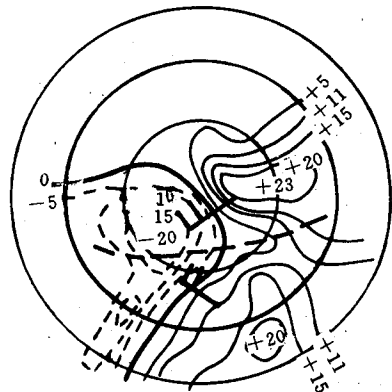


图8 1996年6月22日19:07强雷暴回波图

粗实线:零速度线;细实线:正速度线;
虚线:负速度线;粗虚线:切变线
圈距:25km;仰角0.5°

4 小结

从以上的分析可看到,超级单体、飑线、切变线等中小尺度的强对流天气的气流结构在多普勒径向速度图上得到了很好的反映。通过对多普勒径向速度图的分析,我们很容易识别判断这些系统,弥补常规资料和卫星资料大范围的不足和常规雷达探测资料的局限性。为从事短时预报的气象人员,在识别各种天气系统时提供更详细更客观更丰富的预报参考资料,减少预报中的盲目性。

本文所分析的强对流系统在多普勒雷达径向速度图中的反映,虽是个例,具有一定的代表性,但并不是所有这些系统的演变规律。通过这些例子的介绍,一是说明在实际工作中利用多普勒雷达,对于超级单体、飑线、切变线等中小尺度强对流天气的分析经验。另外可以说明多普勒气象雷达利用多普勒效应可提供给我们很好的预报参考资料,使预报工作更准确。

Application of the Radial Velocity Data on the Operational Forecast

Wu Cuiping

(Beijing Meteorological Center of Civil Aviation, 100621)

Abstract

The sounding data from the Doppler radar TDR-3600 the Capital Airport were used to analyze the characteristics of radial velocity of severe convective weather in micro-and meso-scale, such as supercell, squall line and shear line et al., and explain the information of wind fields it supplies.

Key Words: radial velocity zero-velocity profile airflow structure