

一次暴雨过程多普勒天气雷达风场资料分析

俞莲芬 陈大任 张代平

(北京市气象台, 100081)

提 要

通过对 1995 年 7 月 14 日的大一暴雨天气过程所获取的 3824 多普勒天气雷达平均径向风场资料的分析,发现边界层急流(SE)与较强的降水相伴。表明多普勒天气雷达对中小尺度天气系统和灾害性天气预报有预警作用。

关键词: 多普勒天气雷达 径向速度 边界层急流

引 言

因多普勒天气雷达的性能优于常规天气雷达,故利用其探测到的平均径向速度分布可判断降水区内风随高度的变化和中小尺度天气系统强天气现象的特征。径向风场资料经过计算机处理,可推演到水平风向、风速、辐散、辐合等有重要指示意义的信息,将这些信息配合其它探测资料,无疑能提高灾害性天气和短时预报的准确率。3824 多普勒天气雷达于 1995 年汛期投入业务试运行,我们以当年 7 月 14 日暴雨为例进行初步分析,旨在对多普勒天气雷达风场资料的应用作一尝试。

1 天气背景

7 月 13 日 20 时 500hPa 图上槽线位于河套以西的老东庙、西宁一线,为一后倾槽,588 线的最北端位于 40°N 、 120°E ,槽前脊后有较强的西南暖湿气流北上。850hPa 图上,呼和浩特、西宁一线为一竖槽,呼和浩特、太原一线为一暖锋切变线。对应地面图上,位于 110°E 穿过河套有一冷锋,并伴有大范围降水区,到 14 日 08 时,由于 500hPa 副热带高压稳定,迫使高空槽缓慢东移北缩到温都尔汗、沙音山德、吉兰泰一线。850hPa 图上的暖切变向东北方向移至五台山、济南一线,切变线的北移,造成辐合区的北抬,对产生暴雨十

分有利。地面图上冷锋在 14 日 02 时东移到沙音山德、东胜、汉中一线,08 时东移到二连、呼和浩特、榆林一线,由此可见高空暖湿气流和低层辐合作用是 7 月 14 日暴雨产生的重要原因。

2 雨情及其中尺度特征

7 月 14 日凌晨—18 时,北京地区降了大一暴雨,过程雨量分布较为均匀,普遍 $> 40\text{mm}$,雨区呈东北—西南向带状分布(图 1),与西南气流一致。过程雨量 $> 50\text{mm}$ 的地区主要发生在北京西南、城区及东部,有两个

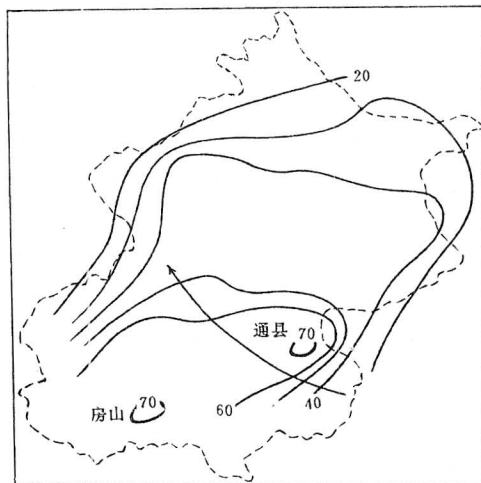


图 1 1995 年 7 月 14 日总降水量/mm

矢线为急流轴

暴雨中心,一个在房山,过程雨量为71.1mm,另一个在通县,过程雨量为78.0mm。由每小时降水量分布图发现(图略),大于10mm的降水区由西南向东北方向发生发展,于05时开始,10时结束,首尾间隔时间为6个小时,对2个暴雨中心来说,房山气象站的降水主要集中在05—08时3个小时内,降水量达43.4mm,占全过程的61%,通县气象站集中在07—09时2个小时内,降水量为52.5mm,占过程雨量的67%。它反映了大范围降水存在中尺度降水区。

3 径向速度图的分析

从回波强度场分析发现,此次暴雨天气是由大范围的混合性回波中的对流云团在局地动力或热力条件下发展加强而形成的。由多普勒径向速度图分析发现,这次降水过程是在低层为东南风、中高层为西南风的基本气流条件下发生,而暴雨的产生和维持与边界层内的东南风急流有密切关系。

3.1 气流垂直结构

在PPI扫描工作方式下,某个仰角上沿着雷达波束向外径向距离的增加代表了波束离地面高度的增加,而多普勒零速度线上任一点上的风向是与雷达径向垂直的,所以通过多普勒速度的零值带的走向和分布,可以判断出降水区中气流的垂直结构、冷暖平流、冷锋位置、暖切变等情况。

由回波强度场演变特征分析可知,这次降水的回波是一片以层状云为主的混合性回波,大部分为层状云降水,只是在回波区的西南方向有对流回波发展,最大强度40—45dBz,为零散分布。暴雨就是由这些对流回波发展而成的。总的来说,这类降水的水平流场可以看成是较为均匀的,所以从PPI显示器上显示的等径向速度线呈现的形状、零速度线的走向可以来判断降水区中风随高度的变化。

由图2可以看到,正、负速度区与原点对称,径向速度分布呈正弦特征。在原点附近

40km范围内,零速度线基本上是呈NE—SW走向的一条直线,与45°和225°方向上的向径基本重合。根据零值处的风向与该位置上的向径方向垂直,并从趋近处吹向远离处这一规则出发,再根据PPI图上求高度公式:

$$H = R \sin \alpha + \frac{R^2 \sin^2 \alpha}{17008} \quad (1)$$

可以判断出1km以下吹东南风,而40—80km范围内,零速度线基本上呈WSW—ENE走向,表明1—2km高度上吹南东南风,由高仰角多普勒径向速度图看出(图3),20—80km处的零速度线的走向基本与315°和135°方向上的向径重合,说明2km以上吹西南风。从零速度线的走向来看,明显呈“S”型,风向上顺转,水平风场的这一垂直结构特征告诉我们7月14日降水是在后倾槽前低层为东南风,中高层为西南风的深厚的暖平流条件下产生的,意味着降水时间较长。

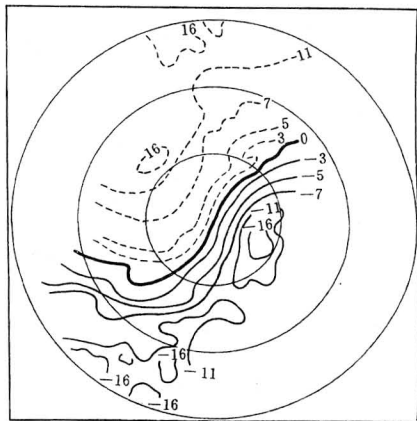


图2 1995年7月14日04时59分径向速度图

仰角为1.5°,距离每圈40km;

粗实线为径向速度零值线;

细实线为负的径向速度等值线;

虚线为正的径向速度等值线

3.2 边界层东南风急流

众所周知,低空急流与暴雨关系十分密切,它是向暴雨区输送水汽、热量的一条很好的暖湿气流输送带,所以在暴雨分析预报中,特别是暴雨落区预报的一个重要因子。多普

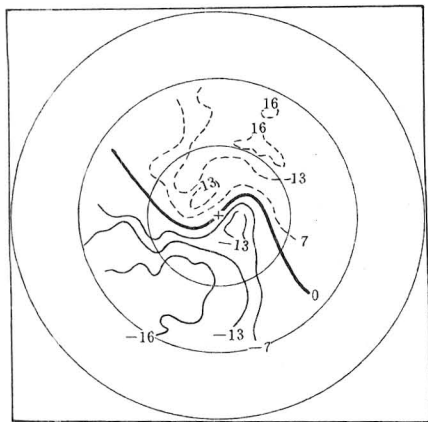


图3 1995年7月14日05时02分径向速度图
仰角为 5.7° ,其它说明同图2

勒天气雷达可随时探测到数百 km 范围内的平均径向风场资料,改善了一天只有两次常规测风资料的局面,这为我们分析流场变化提供了重要依据。

通过对比分析7月14日天气过程的多普勒天气雷达探测到的风场资料和地面实况雨量资料,得到以下结果:05—10时6个小时内北京地区产生的强降水与多普勒天气雷达探测到的边界层东南风急流有很好的对应关系,两者同时出现。急流发展,暴雨范围扩大;急流减弱,暴雨范围缩小;急流消失,暴雨结束。

在上述气流垂直结构分析中已指出,7月14日暴雨天气是在低层东南风的基本气流下产生,进一步分析图2可看出,在低层东南风气流中,风速分布不均匀,通过原点的零速度线两侧沿着 315° — 135° 径向方向上出现一对正、负径向速度中心,向前追溯到04时01分径向速度图(图略),也有表现,只是那时的径向风速中心范围很小。根据公式(1)计算出径向速度中心所在高度约为600—1300m。我们取径向速度图上以零速度相对称的正速度最大值和同一径向距离上的负速度值之差以及负速度最大值与同径向距离上的正速度值之差进行平均,由此所得的数值作为最大风速大小。按此方法得最大风速约

为 12.5 — $13.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,可以说此风速已达到低空急流的强度。再根据正、负中心在原点两侧的位置判断急流中心,即为风速极值中心,中心连线确定为急流轴(见图1矢线)。我们又用VAD技术分析方法求算了14日风向、风速的垂直分布,图4b给出了14日04时59分1500m以下的风向、风速随高度分布,由图可见,500m以下东南风风速均 $<6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,而600—900m高度的东南风风速达到了 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,由北京市观象台低探资料得图4a(风廓线图),可看出13日20时风廓线图上未出现 $>8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的风速,而14日02时的600—900m高度出现了 8 — $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的东南风,充分表明了多普勒天气雷达在04时59分探测到的边界层东南风急流是可信的。就在急流出现后,北京霞云岭在04—05时出现了 11.1 mm 的强降水,以后边界层急流一直维持到08时,强降水也一直未停止,09时径向速度中心消失,暴雨随之结束。从两者的位置配合来看,强降水发生在边界层急流轴

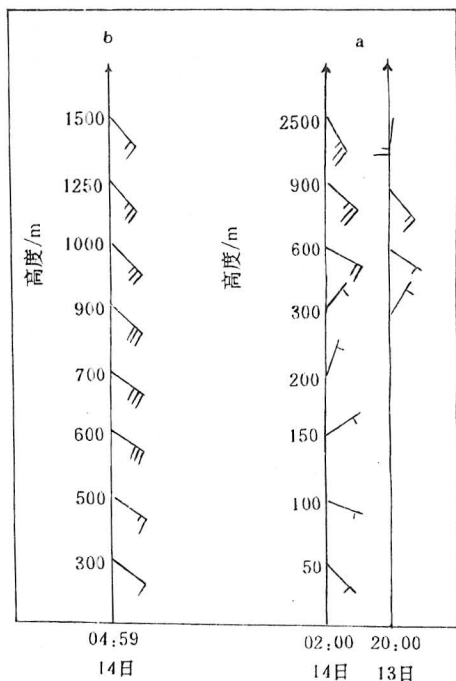


图4 1995年7月14日过程前后风廓线图

的左侧和急流轴上,且1小时 $>10\text{mm}$ 的降水范围与急流的发展有关。

径向速度中心(指径向平均速度 $\geq 16\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)的水平尺度大小可以说表征了急流发展状况,因此我们统计了径向速度中心水平尺度与强降水出现的站数来说明两者的关系。附表列出了7月14日04—09时仰角为 1.5° 的负径向速度范围和强降水出现的气象

站站数,由表可知,当径向速度中心范围增大(即急流发展),强降水出现的范围也变大,反之亦然。06时56分径向速度中心水平尺度最大,而07—08时强降水出现的站数也最多,达11个。到08时03分径向速度中心范围变小,也就是说急流减弱,相应强降水出现的站数也减少,09时00分随着急流的消失降水也结束。

附表 7月14日04—09时仰角为 1.5° 的负径向速度中心的水平尺度和强降水出现的站数

雷达观测时间	04 ¹⁴	04 ⁵⁹	06 ⁰⁰	06 ⁵⁹	08 ⁰³	09 ⁰⁰
水平尺度/ $\text{km}\times\text{km}$	10×15	15×20	15×20	18×25	10×5	无
气象站观测时间	05	06	07	08	09	10
站数	1	2	6	11	7	1

4 结 语

7月14日大一暴雨天气的多普勒天气雷达风场上的特征表现为径向速度分布呈正弦变化的特征,零速度线通过本站呈“S”型,在1500m以下的东南风气流中有风速不连续现象,在以原点为对称的一条直线上存在一正一负的径向速度中心,即为边界层东南风急流。风场的这一分布特征表明了7月14日降水是在低层东南风,中高层为西南风的深厚的暖平流条件下产生,这就决定了这次降水是以层状云为主的大范围降水,而北京边界层东南风急流的出现为暴雨预报提供了重要信息。如前述分析连续的多普勒风场探测信息,提供了常规资料无法提供的急流演

变状况,而正是该变化指示了与它相伴的强降水变化的原因。所以多普勒天气雷达可以获取常规天气图上不能得到的信息。而高频度的探测信息特征使进一步从流场特征变化来跟踪暴雨等强天气变化成为可能。

单部多普勒天气雷达在弱降水探测中同样能发挥作用,例如1995年9月3日北京地区出现了一次为时16个小时的时晴时雨的小雨天气,这类天气属于非致灾天气,但对重大国事活动来说,定时、定点、定量的降水预报尤为重要,我们根据当天多普勒天气雷达所提供的每小时风廓线资料,根据风向垂直分布的时间变化,结合雷达回波一并分析,提前1小时报出了天安门广场的转折天气。

An Analysis of the Wind Field of a Rainstorm by Doppler Weather Radar Data

Yu Lianfen Chen Daren Zhang Daiping

(Beijing meteorological observatory, 100081)

Abstract

A rainstorm weather process on July 14 1995 with mean radial velocity data obtained from 3824-type Doppler weather radar was analysed. The boundary layer jetstream (SE) measured by the radar was accompanied by stronger precipitation. The fact indicates that the Doppler weather radar can play a warning role in mesoscale and microscale weather system watches and severe weather predictions.

Key Words: Doppler weather radar radial velocity boundary layer jetstream