

# 714CD 雷达资料在短时 灾害天气预报中的应用

牛淑贞 张素芬

(河南省气象台, 郑州 450003)

## 提 要

作者总结了 1994—1996 年 714CD 雷达观测资料在河南省短时重大灾害性天气预报中的应用。着重分析了多普勒速度场上的中尺度天气系统、图像特征以及与短时暴雨、强对流天气的对应关系,并归纳出短时预报技术流程。

**关键词:** 强对流天气 多普勒速度场 中尺度系统 短时预报

## 前 言

714CD 比 711、713 常规天气雷达获得的降水信息要多,它除了能获取表征降水强度和云中液态含水量的回波强度信息外,还能进一步提供降水区中降水质点的运动,获取降水区中风场的结构和特征。在对短时重大灾害性天气(冰雹、雷雨大风、暴雨等。以下简称灾害性天气)的监测和短时预报中具有极大的优越性。郑州 714CD 天气雷达自 1993 年 7 月底安装后,经过调试、试运行,于 1994 年正式投入业务使用,在河南省灾害性天气的监测和短时预报中发挥了很大的作用,本文就此进行分析总结。

## 1 灾害性天气与多普勒速度场中的中尺度系统

利用 714CD 雷达的多普勒速度场,可以比较清楚地分析出造成灾害性天气的中尺度天气系统。根据 1994—1996 年 714CD 雷达的观测,从多普勒速度场上可以分析出中尺度系统。

### 1.1 中尺度气旋

中尺度气旋是 714CD 雷达观测中较为常见的一种中尺度天气系统。中尺度气旋主要特征为:(1)正负速度中心组成一对“牛

眼”,且正速度中心区位于零速度线的右侧,负速度中心区位于零速度线的左侧。(2)正、负速度之间的零速度线位于雷达径向上。(3)正、负速度中心连线近乎平行于距离圈。两者夹角要 $<45^\circ$ 。在观测中共发现中尺度气旋 5 次,均与冰雹、雷雨大风等天气相对应。

例如 1994 年 6 月 24 日,河南省北中部地区出现了暴雨、雷雨大风、局部冰雹等天气,在 15:07 探测中就观测到一个典型的中尺度气旋(如图 1)。气旋位于测站西北部 17km 处,水平尺度为 10km,沿雷达径向上有一段零速度线,零速度线的左侧( $324.9^\circ$ , 17km)处为负速度区中心, $V_z = -4\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,零速度线右侧( $324.8^\circ$ , 16km)处为正速度区中心, $V_z = +12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。正、负速度中心连线近乎平行于距离圈,说明在这个地方有一个中尺度气旋存在。跟踪观测至 16:00 该中尺度气旋逐渐减弱消失,生命史近 1 个小时。相对应的强度场上,有 40dBz 的强对流回波发展,中尺度气旋正位于类似逗点状回波的顶部,强度 45dBz,顶高 16km。又例如 1996 年 7 月 16 日郑州地区出现了雷雨大风、冰雹天气。20:05 雷达探测在测站西西南 22km 处

有一水平尺度为 15km 的中尺度气旋(如图 2),负速度中心位于 $(263.1^{\circ}, 24\text{km})$ ,  $V_z = -10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,正速度中心位于 $(275.8^{\circ}, 21\text{km})$ ,  $V_z = +18\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。对应强度场上该地方有 43dBz、15km 高的块状对流回波,与地面雷雨大风、冰雹天气相对应。

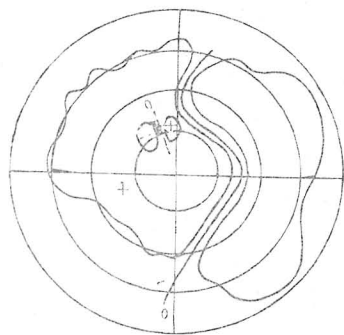


图 1 1994.6.24.15:07 PPI(V)  
每圈 15km,仰角  $1^{\circ}$

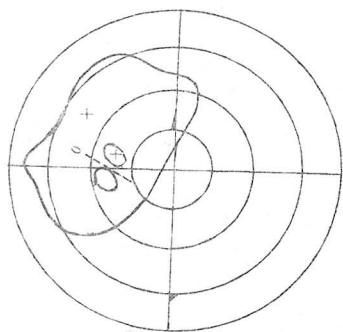


图 2 1996.7.16.20:05 PPI(V)  
每圈 15km,仰角  $3^{\circ}$

## 1.2 中尺度辐合线

中尺度辐合线在 714CD 雷达多普勒速度场上也是经常可分析出的一种中尺度天气系统,在多普勒速度场上常表现为速度梯度很大,零速度线走向近乎与雷达距离圈一致。负速度区在远离雷达一边,正速度区位于靠近雷达这一边。气流在此汇聚抬升,产生上升运动,造成强天气发生。3 年观测中,与灾害性天气对应的中尺度辐合线有 6 次。

例如 1995 年 8 月 21 日 16:46 观测到在测站西南部 $(266.8^{\circ}, 18\text{km})$ 、 $(239.5^{\circ}$ ,

$14\text{km})$ 、 $(211.1^{\circ}, 11\text{km})$ 、 $(156.1^{\circ}, 10\text{km})$ 一线有一中尺度辐合线(见图 3),在辐合线东段上存在明显的气流辐合,且风速梯度比较大。强度场上,在辐合线附近有 41—43dBz 的块絮状强对流回波带与之对应。此后辐合线稳定维持且缓慢东南压,至 23:24 减弱消失。由于受此中尺度辐合线的影响,16:00—19:00 3 小时降水荥阳 51.2mm、郑州 37.4mm、密县 14.3mm。20 时以后,密县、新郑两地降水强度加大,20:00—22:00 2 小时内密县降水达 24.6mm,20:00—24:00 4 小时内新郑降水达 41.6mm。由此可知,此次强降水中尺度辐合线起着主导作用。

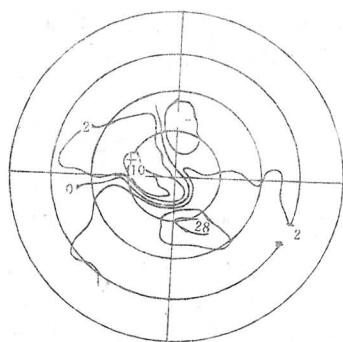


图 3 1995.8.21.16:46 PPI(V)  
每圈 15km,仰角  $1^{\circ}$

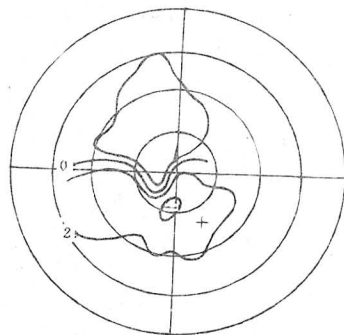


图 4 1995.6.7.18:34 PPI(V)  
每圈 15km,仰角  $2^{\circ}$

## 1.3 逆风区

“逆风区”这个概念是张沛源<sup>[1]</sup>提出的一个“暴雨判据”。其定义为:在低仰角 PPI 速度图上,同一方向的速度区中出现的另一种

方向的速度区,即在正(负)多普勒速度区内,出现的负(正)多普勒速度区。也就是一种方向的速度区(不跨越雷达原点)被另一种方向的速度区所包围,这块被包围的速度区定义为“逆风区”。它与模糊区的区别为,它是辐合区与辐散区的一部分组成的共轭体,在714CD雷达观测中是最常见、出现次数多且与强降水对应关系最好的一个速度场特征。3年中共发现逆风区8次与暴雨相对应。

例如1995年6月7日18:34,多普勒速度场在 $(185.2^{\circ}, 13\text{km})$ 处有一 $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的逆风区,其水平尺度为 $5\text{km}$ (见图4)。与之对应的逗点状强降水回波中心位置在逆风区后侧相距 $7\text{km}$ ,强度 $35\text{dBz}$ ,高 $12\text{km}$ 。对应17:00—20:00 3小时降水量郑州 $21.7\text{mm}$ ,密县 $14.6\text{mm}$ ,新郑 $4.4\text{mm}$ ,且在18:52出现雷雨大风。又如1996年7月16日郑州地区的强雷雨并伴有短时大风天气,当日20:05仰角 $1^{\circ}\text{PPI(V)}$ 图上,在测站西部 $15\text{km}$ 处有一 $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、水平尺度为 $5\text{km}$ 的逆风区(见图5), $43\text{dBz}$ 、 $13\text{km}$ 高的强回波区位于相距逆风区后部 $5\text{km}$ 处。逆风区附近20:00—23:00降水荥阳 $61\text{mm}$ 、巩县 $22\text{mm}$ 、登封 $16\text{mm}$ ,郑州降了冰雹(市区西部)。

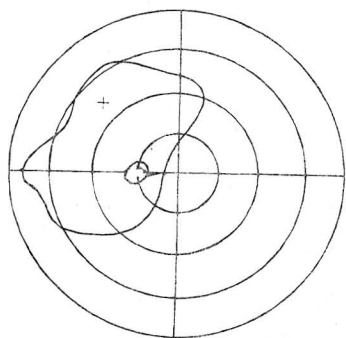


图5 1996.7.16.20:05 PPI(V)

每圈 $15\text{km}$ ,仰角 $1^{\circ}$

#### 1.4 中尺度辐合系统

中尺度辐合系统在多普勒速度场上也是经常能够分析出的一种中尺度天气系统,它在速度场上的特征与中尺度气旋和中尺度辐

合线是不同的。它在速度场上的图像相当于中尺度气旋在速度场上的图像顺时针旋转 $90^{\circ}$ 角。即它也有一个正负速度中心形成的“牛眼”,正速度中心区始终靠近雷达站一边,负速度中心区远离雷达站一边,正负速度中心连线在雷达径向向上,零速度线垂直于正负速度中心连线。中尺度辐合系统是风向在此的辐合,它有利于上升气流在此汇聚抬升,造成对流在此发展,产生强天气。

如图6,它是1995年7月17日14:01观测到的一个典型的中尺度辐合系统。中尺度辐合系统位于测站西部,正、负速度中心区的速度均为 $10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。对应的过程是一次暴雨过程。

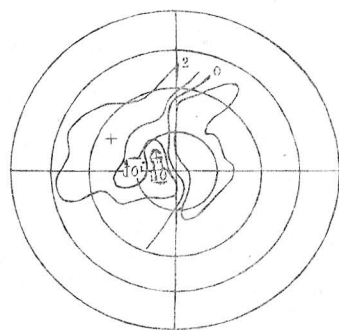


图6 1995.7.17.14:01 PPI(V)

每圈 $15\text{km}$ ,仰角 $1^{\circ}$

#### 1.5 飚线

飚线在多普勒速度场上表现为一束密集的弧形速度线,指示出一条强辐合带,其风速梯度很大。在相应的强度场上,常位于块状组成的对流回波带前沿,此外对流发展旺盛,造成的天气剧烈。在观测中仅发现两次:1993年7月26日16:27和1995年6月26日20:11(图7)。这两次过程均造成了豫北地区大范围的雷雨大风、冰雹、飚线等天气。

### 2 714CD 资料在灾害性天气监测和预报中的应用

#### 2.1 714CD 强度场资料应用

##### 2.1.1 对冰雹的监测和预报

根据多年来的实际观测,发现冰雹天气

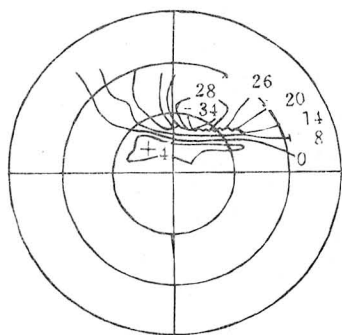


图7 1995.6.26.20:11 PPI(V)

每圈15km,仰角1°

的雷达回波在 PPI(z) 上表现为块状结构,这些块状回波多由一个或多个单体组成,边缘整齐,强度较强,一般都  $\geq 35\text{dBZ}$ ,有时可达  $55\text{dBZ}$  以上,在 RHI(z) 上,回波呈柱状,顶高均在  $12\text{--}18\text{km}$ ,有的高达  $20\text{km}$ ,柱状回波结构密实,呈纺锤状,  $\geq 35\text{dBZ}$  的强回波区位于  $8\text{km}$  上下,且有时柱状回波顶端出现“假回波”或柱状回波前沿出现“穹窿”,这时地面出现降雹。1996年5月26—27日河南省大范围降雹所监测到的回波在 PPI(z)、RHI(z) 上就具有以上特征。

### 2.1.2 对暴雨的监测和预报

根据观测分析,局地暴雨在 PPI(z) 上表现为单一的块状回波,强度  $\geq 45\text{dBZ}$ , RHI(z) 上回波呈柱状,顶高在  $14\text{km}$  以上,有时高达  $18\text{km}$ ,原地生消,生命史短。区域暴雨在 PPI(z) 上表现为块带状、块絮状、人字形回波带等,回波强度  $\geq 35\text{dBZ}$ ,有时达  $50\text{dBZ}$  以上,移速较慢,生命史长,降水强度大。RHI(z) 上呈柱状,顶高  $\geq 11\text{km}$ 。1996年8月3—5日由于9608号台风影响,河南省大范围暴雨回波就具有以上特征。

### 2.1.3 对大风、飊线的监测和预报

根据3年的观测发现,大风、飊线表现为多个块状回波组成的弥合型回波带,该回波带未来向速度场上弧形强风速辐合区移动并加强,产生大风、飊线天气。

### 2.2 速度场资料应用

根据3年来观测资料分析,多普勒速度场上的中尺度系统与河南省强对流天气的对应关系见附表。

附表 速度场特征与强对流天气/次数

| 天气现象   | 中尺度气旋 | 中尺度辐合线 | 逆风区 | 大风区 | 中尺度辐合系统 | 飊线 |
|--------|-------|--------|-----|-----|---------|----|
| 冰雹     | 3     |        |     |     |         |    |
| 雷雨大风飊线 | 2     |        | 1   | 2   | 1       | 2  |
| 暴雨     |       | 5      | 7   | 1   |         |    |
| 大雨     |       | 1      |     |     |         |    |
| 合计     | 5     | 6      | 8   | 3   | 1       | 2  |

由附表可知:不同的多普勒速度场特征对应的天气意义是不同的。

(1)中尺度气旋:主要产生雷雨大风、冰雹、飊线天气。这些天气出现在中尺度气旋及其附近区域,它与地面流场上的辐合中心区相对应,1995年6月7日是典型个例。

(2)中尺度辐合线:主要产生暴雨。3年中共观到6次,有5次是暴雨,一次是大雨。它与省区域流场上的中尺度辐合线位置及强度场上的强降水回波位置基本吻合,强降水出现在辐合线上及其后侧。

(3)逆风区:主要产生暴雨。实测中共发现8次,其中7次暴雨、1次雷雨大风、飊线天气。1994年6月24日14:00雷达观测发现,测站SW方向  $205.8^\circ$ ,  $9\text{km}$  附近有面积约  $64\text{km}^2$ 、多普勒速度为  $3\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  的逆风区,连续跟踪监测分析,逆风区由SW向NE方向移动,由此,我们向郑州、新乡气象局发出了暴雨警报,并告知暴雨将要影响的县区,结果与实况相符。逆风区影响郑州的时间是15:00—16:00,该时段降水量  $40\text{mm}$ ,位于逆风区移动路径上的曲梁一小时降水量  $24.5\text{mm}$ ,尖岗  $78\text{mm}$ ,逆风区向NE移动的前方原阳16:00—19:00降水量  $37.3\text{mm}$ 。可见,暴雨产生在逆风区及其移动路径上。

(4)大风区(多普勒速度  $\geq 14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$  以及附近另一方向的多普勒风速梯度  $\geq 17\text{m} \cdot \text{s}^{-1}/10\text{km}$ )共出现3次,出现2次雷雨大

风、飏线天气,占 66.7%。

(5)中尺度辐合系统及飏线(弧形强风速辐合带:风速梯度 $\geq 30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}/\text{km}$ ),主要产生雷雨大风、飏线天气。

由上可见,分析 PPI(z)、RHI(z)上的回波特征和 PPI(v)场上的中尺度系统特征,为我们做好冰雹、雷雨大风、飏线、暴雨等灾害性天气的落区预报提供了可靠的依据和指标。

### 3 灾害天气短时预报的技术流程

在实际业务工作中,我们认识到,要做好灾害性天气的监测和预报服务工作,必须认真分析 714CD 的强度场和速度场特征,找出产生灾害性天气的中尺度系统,结合各种资料,利用外推法来制作灾害性天气的强度、性质和落区预报。其技术流程大致归纳如下。

3.1 根据大尺度天气环流形势,利用卫星云图、网上各种预报产品信息、省小图、 $T-\ln p$  图等资料分析灾害性天气出现的可能性。

3.2 如判断有可能发生灾害性天气,则利用 714CD 天气雷达进行加密观测。

3.3 如观测到有对流回波,则利用多普勒速

度场资料,认真分析各种中尺度系统及其特征。同时结合强度场资料,认真分析 PPI(Z)、RHI(Z)上的回波特征。在综合分析的基础上,确定当时回波对应的天气及制作未来 0—3 小时灾害性天气的性质、强度和落区预报。

3.4 继续跟踪观测,分析速度场和强度场上特征的变化,随时进行预报订正和服务工作。

### 4 小结

由于多普勒速度场分析技术是近年来我国气象部门刚刚接触的技术,目前国内这方面的总结还很少。因此,以上的总结比较粗浅,且定性成份较多。今后我们要在实际业务工作中多学习、多积累、多开发,使 714CD 雷达在强天气的监测和预报中发挥更大的作用,不断提高强天气的预报准确率,以争取更大的社会 and 经济效益。

致谢:在多普勒速度场学习与分析过程中,曾得到气科院张沛源研究员的指教与帮助,在此特表感谢。

### 参考文献

- 1 张沛源,陈荣林.多普勒速度场上的暴雨判据,应用气象学报,1996.6(3):373—377.

## Application of 714CD Radar to the Short-time Forecasting of the Severe Weather

Niu Shuzhen Zhang Sufen

(Henan Meteorological Observatory, Zhengzhou 450003)

### Abstract

The application of 714CD radar observation data to the short-time forecasting of the severe weather in Henan is summarised. The mesoscale weather systems and characteristic signature of Doppler velocity field, and the linkage relative to short-time severe weather are analyzed. The short-time forecasting method is given.

**Key Words:** severe weather Doppler velocity field mesoscale weather system short-time forecasting