

# 多普勒速度图上的暴雨判据研究\*

张沛源 陈荣林

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

## 提 要

文章研究了多普勒天气雷达速度图上的暴雨判据(即“逆风区”概念)的空间结构, 并对1989~1992年CAMS多普勒天气雷达观测到的“逆风区”进行了统计分析, 还利用1993年实际观测资料对它的预报准确率和概括率进行了检验, 其预报准确率为75%, 概括率为86%。

**关键词:**多普勒天气雷达; 速度图; 暴雨判据。

## 1 问题的提出

美国为了解决龙卷的预报问题, 在多普勒天气雷达速度图上制定了龙卷识别判据<sup>[1][2]</sup>, 即龙卷涡旋指标[Tornado Vortex Signature (TVS)], 使得美国的龙卷临近预报准确率大幅度提高。但在多普勒速度图上如何识别暴雨, 国内外还没有深入研究, 关键问题是对暴雨的流场特征还没有足够的认识。作者在1990年根据多普勒天气雷达的观测事实, 提出了在多普勒速度图上识别暴雨的判据, 即“逆风区”概念<sup>[3]</sup>。但由于当时我国第一部多普勒天气雷达刚运行了2年, 不可能对它的可靠性做系统的检验。目前CAMS多普勒天气雷达已经连续工作了5年, 积累了相当丰富的观测资料, 为深入研究提供了可靠的依据。

## 2 逆风区定义

多普勒天气雷达观测到的是多普勒速度, 即风速在雷达波束上的投影。因此在多普勒速度图上分正速度区(远离雷达方向)和负速度区(朝向雷达方向)而且同样的风矢量如果相对于雷达的位置不同, 其测得的多普勒速度的方向和大小也都不同。

逆风区可定义为: 在低仰角PPI多普勒速度图上, 在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, 出现了负(正)多普勒速度区。换句话说, 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称为“逆风区”。需要特别注意的是不要把速度模糊区域误识为逆风区。

\* 94-7Q-D8 强风暴实验室科研基金资助。

1994-03-31 收到, 1994-08-04 收到再改稿。

逆风区标志着暴雨过程的存在. 在逆风区附近及其移动路径上将出现和正在出现暴雨.

### 3 逆风区的空间结构

#### 3.1 逆风区的水平结构

根据逆风区的定义可知:逆风区的一侧为辐合区,另一侧为辐散区.逆风区本身是由辐合区的一部分和辐散区的一部分共同构成的.也就是说逆风区是辐散辐合共轭体系风场

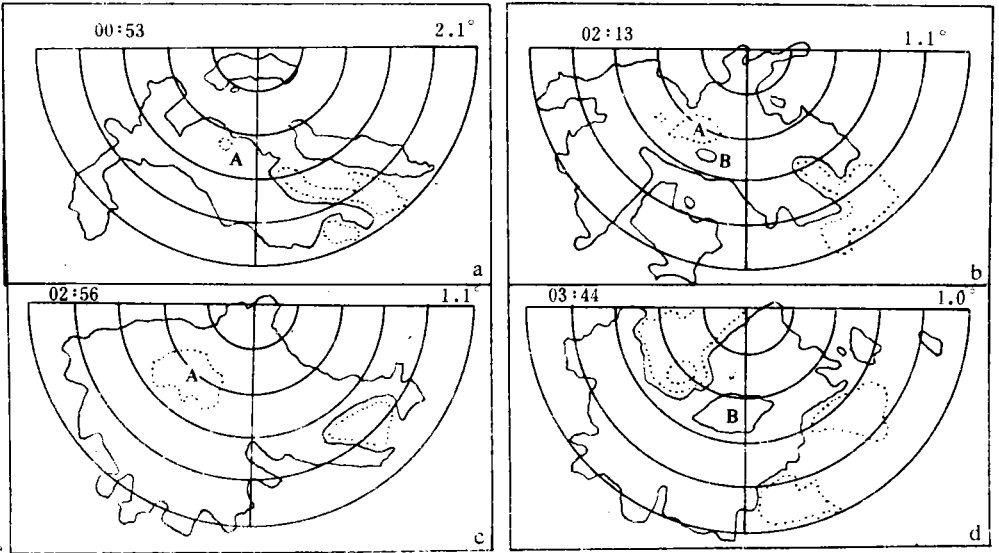


图1 1989年7月17日PPI多普勒速度演变图(距离,每圈为50 km,实线包围区为负速度区,虚线包围区为正速度区. A:逆风区. B:环境风速中心. 左上角是时间,右上角是仰角)

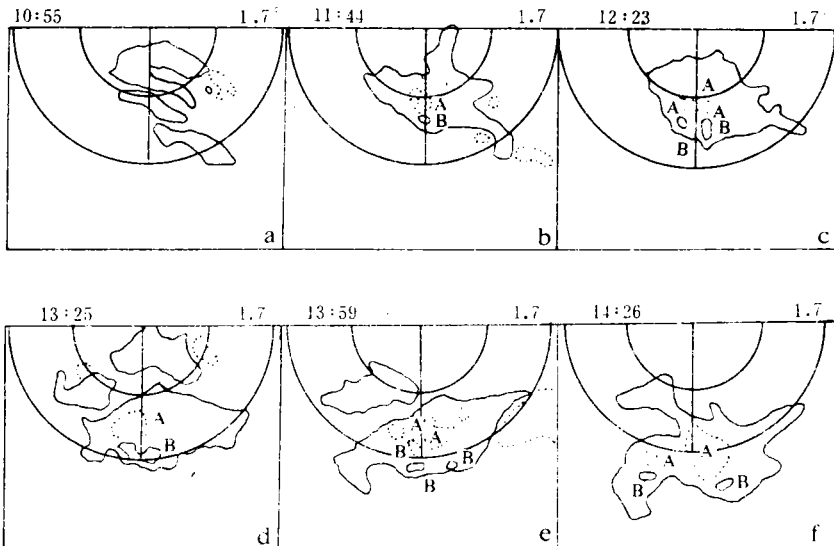


图2 1991年7月11日PPI多普勒速度演变图(距离,每圈为40 km,其它同图1)

结构在 PPI 多普勒速度图上的表现.

图 1 是 1989 年 7 月 17 日 00 : 53 ~ 03 : 44 混合性降水暴雨过程中的逆风区的形成演变图. 图 2 是 1991 年 7 月 11 日 10 : 55 ~ 14 : 26 强对流暴雨过程中的逆风区的形成演变图. 从图上可以看出: 这二种不同性质暴雨的逆风区都有一个发生、发展和转换过程. 也就是有一个从小变大, 最后移出原在的速度区, 进入或转换为另一种速度区的过程. 逆风区和它旁边的环境风速度中心构成强烈的辐合 [见图 1(b), 图 2(b~f)], 通过计算, 其辐合值高达  $10^{-3} s^{-1}$ , 呈气旋式辐合, 有明显的汇. 而辐散区一侧不存在环境风速度中心, 没有明显的源. 逆风区附近有强回波中心.

图 3、图 4 是与图 1、图 2 相对应的降水分布图. 通过比较可知, 暴雨降落在逆风区及其移动路径附近. 暴雨中心与逆风区有着很好的对应关系.

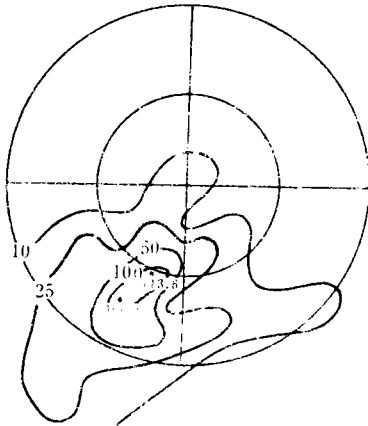


图 3 1989 年 7 月 16 日 23 : 00 ~ 17 日 05 : 00  
6 小时降水分布图 (距离每圈为 100 km)

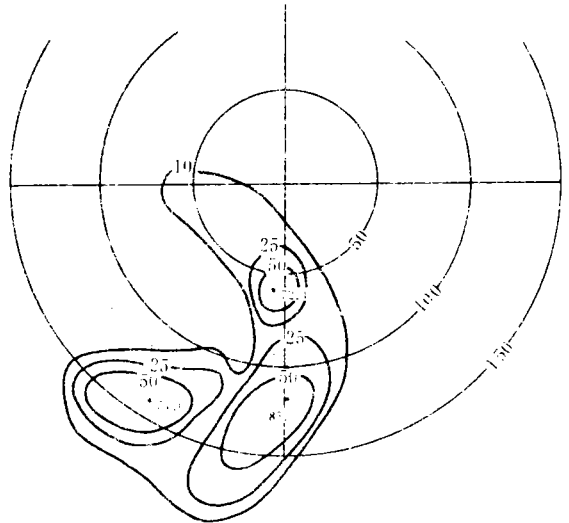
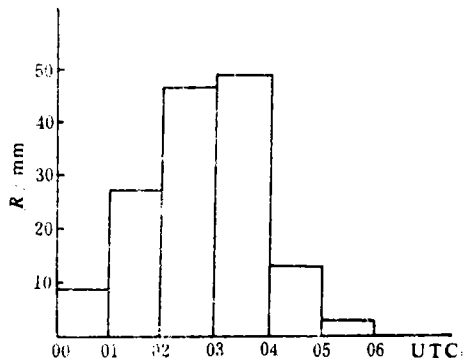


图 4 1991 年 7 月 11 日 8 : 00 ~ 12 日 8 : 00  
24 小时降水分布图 (距离每圈为 50 km)

图 5 是图 3 中暴雨中心处的每小时降水量 ( $R$ ) 分布图, 从图上可以看出, 暴雨的主要降水时段出现在 02 : 00 ~ 04 : 00 之间, 而相应的逆风区出现在 00 : 53 (图 1a). 因此利用逆风区的出现时间, 预报暴雨的主要降水时段的开始时间, 可提前 1 小时.



### 3.2 逆风区的垂直结构特征

逆风区是 PPI 显示上的一种图象特征. 通过 RHI 观测可分析其垂直结构. 图 6 是两个逆风区强度和 Doppler 速度的垂直剖面图. 图 6(a、b) 反映出了强对流暴雨逆风区的垂直结构 (与图 2(e) 对应). 其基本特征是: 2 km 附近存在

图 5 1989 年 7 月 17 日 00 : 00 ~ 06 : 00 河北省安新县气象站每小时降水量分布图

有明显的水平风向的垂直切变;风暴主体内的水平风向基本上与 2 km 以下的水平风向一致. 逆风区的出现是由于 PPI 观测有一定仰角, 观测高度随距离增加, 在一定距离之内, 雷达 PPI 观测出的多普勒速度是 2 km 以下的, 从某一距离开始, 到风暴主体之前是垂直切变上空的多普勒速度, 由于风暴主体的多普勒速度与垂直切变下层的多普勒速度方向一致, 在 PPI 上就呈现出逆风区图象. 图 6(c,d)是 1992 年 7 月 23 日 19:35 混合性降水暴雨逆风区的强度和 Doppler 速度的 RHI. 从图上也可看出, 在 2 km 附近存在有明显的水平风向的垂直切变, 逆风区的形成是由于在 112~160 km 之间的 2 km 以下的气流抬升造成的. 从以上分析可知: 逆风区反映出了局部整层抬升或强对流内的上升气流引起的水平动量交换过程. 这种动量交换影响了水平辐散辐合的强弱和分布, 造成了中尺度垂直环流的形成. 这种垂直环流有利于低层丰富水汽的向上传输, 也利于降水粒子的降落, 它在 PPI 上的反映就是逆风区.

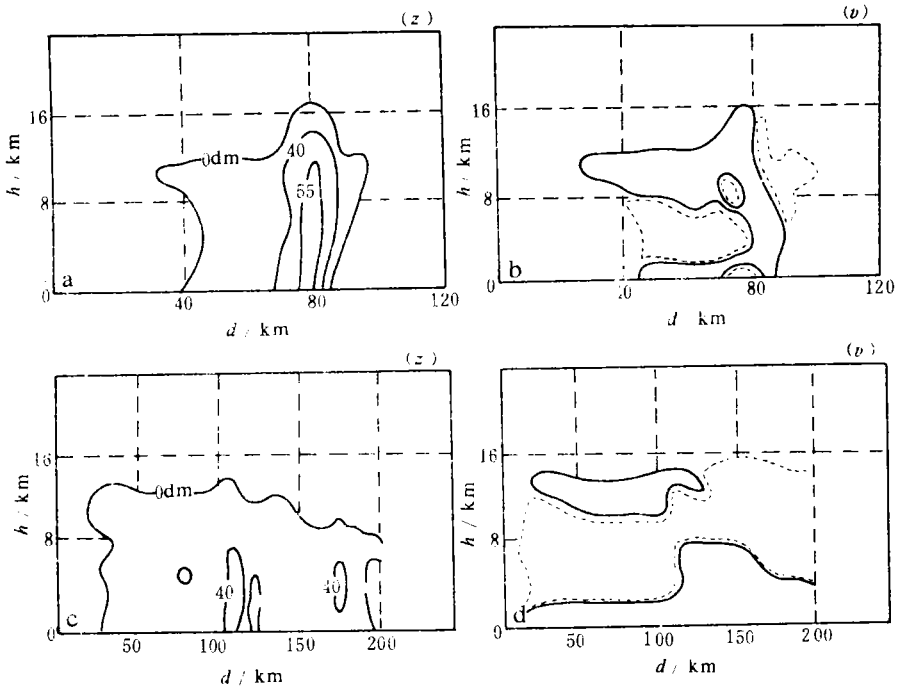


图 6 逆风区垂直剖面图 (a,b)1991 年 7 月 11 日 13:53 强度(dBz)和多普勒速度(m/s)RHI 显示,方位 168.9° (c,d)1992 年 7 月 23 日 19:55 强度和 Doppler 速度 RHI 显示,方位 123.2° (b,d 中实线包围区为负速度区,虚线包围区为正速度区.)

### 3.3 观测到逆风区的条件

从逆风区的垂直结构可知,在 PPI 图上观测到逆风区是有条件的. 它与观测仰角和降水系统距测站的距离有关. 为预报需要,应多取几个不同仰角的 PPI,以免观测不到实际存在的逆风区.

#### 4 个例统计

利用 1989~1992 年实际观测资料反查,共发现 22 个逆风区个例.出现在对流性降水中的逆风区有 10 个,出现在混合性降水中的逆风区有 12 个.正速度区中出现逆风区的有 13 个,负速度区中出现逆风区的有 9 个.在天气系统移动方向与环境风向相反的天气系统中,出现逆风区的有 8 个,其他 14 个出现在移动方向和环境风向相同的天气系统中.逆风区生命史长的可达 6 小时,短的仅有半小时,平均为 2 小时.逆风区的面积平均可达到  $600 \text{ km}^2$ ,最大可达  $3200 \text{ km}^2$ .逆风区中的多普勒速度,大的为  $13 \text{ m/s}$ ,小的为  $3 \text{ m/s}$ .在 22 个个例中,日降水量大于  $300 \text{ mm}$  的有 2 次,大于  $140 \text{ mm}$  的有 4 次,大于  $70 \text{ mm}$  的有 10 次,大于  $50 \text{ mm}$  的有 19 次.22 个个例的日降水量都大于  $25 \text{ mm}$ .逆风区一般出现在暴雨过程开始前 2 小时之内.因此它可以作为发布暴雨警戒和短时暴雨预报的一个判据,其准确率为 86%.

#### 5 预报准确率和概括率检验

利用 1993 年 CAMS 多普勒天气雷达实际观测资料,对逆风区的预报准确率和预报概括率进行了检验.结果如下:

1993 年夏季北京地区日雨量大于  $50.0 \text{ mm}$  的有 7 天(5 次暴雨过程),7 天中有 6 天出现了逆风区,概括率为 86%.在 6 天内进行了 7 次暴雨落区预报,6 次正确,1 次空报,预报准确率为  $6/8(75\%)$ .

由以上分析可知,逆风区与暴雨之间有很好的相关,而且有一定的提前量,因此它是暴雨识别,暴雨落区临近预报的有用判据;逆风区是中尺度辐散辐合共轭系统风场在多普勒速度图上的表现形式,反映了水平动量垂直交换过程;低层水平风的垂直切变和低层的抬升运动是暴雨形成的重要原因.另外,逆风区附近存在着强回波中心.观测仰角不合适,可能观测不到实际存在的逆风区.这是在实际使用中应注意的问题.

致谢:本文是在中国气象科学研究院中尺度所雷达组支持下完成的.余志敏、王慕维、林学范等同志在本文完成过程中给予了具体帮助,在此表示感谢.

#### 参 考 文 献

- 1 Donaldson R J Jr. Vortex signature recognition by a Doppler radar. *J. Appl. Meteor.* 1970, 9: 661~670.
- 2 Hennington L D and Burgess D W. Automatic recognition of mesocyclones from single Doppler radar data. In: Preprints, 20th Conf. on Radar Meteorology. *Amer. Meteor. Soc.*, 1981, 704~706.
- 3 张沛源,余志敏,王慕维,等.多普勒天气雷达资料在强天气短时预报中的应用.见:第十一届亚运会气象保障研究论文集.北京:气象出版社,1992. 68~74.

# A STUDY OF HEAVY RAIN SIGNATURE RECOGNITION BY RADAR VELOCITY IMAGES

Zhang Peiyuan Chen Ronglin

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

## Abstract

The spatial structures of heavy rain by Doppler radar velocity images [i. e. "Adverse Wind Regions" (AWR)] were studied using Doppler radar observation data. AWRs were analysed by statistical data in Beijing-Tianjin-Hebei mesoscale experiment base during the period of 1989~1992. According to AWR occurrence, the forecasting for torrential rain could be made. Its forecast accuracy and probability were tested by CAMS Doppler radar data in 1993. The accuracy was 75% and the generalization for AWR was 86%.

**Key words:** Doppler radar; Velocity image; Heavy rain signature recognition.

## 更正:

在第6卷第2期第140页上,“华北强天气的水汽团象特征研究”一文中的图1(a,b)有误,现更正如下图,并向读者、作者致歉。



图1 (a)1992年8月3日17:32 UTC 红外云图(GMS-4)  
(b)1992年8月3日18:37 UTC 水汽图(NOAA-11)