

刘淑媛<sup>1</sup> 孙 健<sup>2</sup> 郭卫东<sup>1</sup> 陶祖钰<sup>3</sup> 王洪庆<sup>3</sup>

(1. 空军气象中心, 北京 100843; 2. 中国气象科学研究院;

3. 北京大学物理学院大气科学系暴雨与监测国家重点实验室)

## 提 要

多普勒天气雷达目前已经成为对短时强烈天气进行监测的主要手段之一。为了方便资料的处理和分析,将科研成果向业务应用转化,提高观测资料软件和资料处理能力,为预报员和科研人员提供方便,我们开发了多普勒雷达资料分析显示系统。该软件是兼原始数据处理、反演、显示功能于一体的雷达数据处理系统,有很好的兼容性和可移植性,其交互式、多线程、多窗口、多任务的汉化操作界面,灵活、简便,容易使用。根据用户需要,水平风场可用风矢量、风羽、流线或等值线等不同方式表达,多种水平变量也可以任意叠加。

**关键词:** 多普勒天气雷达 显示 软件

## 引 言

多普勒天气雷达是目前研究中尺度对流系统的主要观测手段之一,由于不仅能探测云雨的回波强度,还能根据多普勒效应探测风速在雷达射线方向上的分量,因此自投入气象观测、研究和预报应用以来已经得到迅速的发展,在航空气象保障和科研中具有不可替代的作用。美国在 90 年代就已经完成了由 161 部多普勒天气雷达组成的雷达网,我国也已计划投资数十亿元,在 2010 年前建成由 126 部多普勒天气雷达组成的雷达网。

但多普勒雷达只能探测到风的径向分量,而且在强烈天气下常出现速度模糊问题,如果不能很好的解决,得到的资料则无法正确使用,因此多普勒雷达探测的资料在正确而有效的使用前需要进行一系列的处理和反演。另外,在科学研究以及业务应用中,常需要知道二维风矢量以及水平风场相联系的散度、垂直速度、风切变等信息,同时还需要对图像进行如叠加、放大等处理,而一般的

雷达随带软件只能给出原始资料显示。为了多普勒雷达资料在科研工作和业务预报中得到更加准确和方便的使用,将科研成果向业务应用转化,提高多普勒雷达观测资料相应软件的开发和资料处理能力,我们研制开发了多普勒雷达资料处理显示系统。

本软件是使用 VC++ 6.0 开发。可以在 Windows98/2000/NT4.0/XP 等操作系统下运行使用。由于一个多普勒雷达体扫文件数据量大,为保证图形的显示速度和质量,应该至少配有以下硬件运行环境:奔腾 III 以上 CPU, 256M 以上内存, VGA, 32 位真彩显卡, 32M 显存。

本文主要对本系统功能和特点进行介绍,系统开发中使用到的对资料进行模糊消除和风场反演的方法原理,请参考文章所附文献,本文不再进行阐述。

## 1 主要功能和特点

## 1.1 消除多普勒速度模糊和噪音

多普勒雷达存在一个速度探测的上限,

① 本文受国家自然科学基金重点项目(40233036)资助

即最大不模糊速度。当实际风场的径向速度超过最大可探测速度时,就会发生速度模糊现象,如使趋向雷达的运动探测成远离雷达的运动,所以速度模糊也称为速度折叠。当出现雷暴天气或存在高空急流时常会出现速度模糊现象,严重影响对多普勒雷达探测资料的正确使用。因此,消除速度模糊功能是多普勒雷达风场分析系统中首要解决的问题。另外,由于雷达硬件设备、地物回波、大气折射、衰减的影响以及粒子脉动误差等原因,多普勒雷达获得的径向速度存在大量的噪音,因此在使用前还需要对原始资料进行了消除噪音的处理。

在本系统中,为了达到计算机自动纠正速度模糊的目的,分别综合使用两种模糊纠正方法,根据资料的特点自行判断选择需要使用的模糊消除方法以便得到最佳效果。在读入资料的同时自动进行噪音和速度模糊消除的处理,其处理方法可参考文献[1,2]。

图1(见封二)给出一个本系统所处理的存在严重速度模糊的个例,即台湾绿岛雷达(DWSR-92C)1998年8月4日01时30分观测的OTTO台风 $1.06^\circ$ 仰角速度场。从整个扫描面的速度图像对比可见,退模糊前雷达南侧和东侧的速度大值区中都存在两次速度折叠,而退模糊后所有的速度模糊均得到正确地纠正。

## 1.2 强度回波的水平和垂直剖面显示

在日常应用中,预报和科研人员常常不仅需要了解强度回波的水平分布,利用单仰角雷达回波强度图像得到雷达探测范围内不同区域强降水的出现与移动(由于单仰角显示较为简单,这里不再给出图像)。而由于对流发展的强弱一定程度上和回波顶高有关,为了监视强烈天气系统的发生、发展,还常常需要利用雷达探测范围内不同区域的强度回波的垂直剖面,观察强烈天气发展与否。因此,在主菜单第4项强度回波菜单(下拉式菜单),点击后弹出的选项包括获得单仰角雷达回波强度和强度回波的垂直剖面两项内容,可以根据使用人员的需要得到不同仰角雷达

回波强度图像和不同角度的强度回波的垂直剖面(图略)。

## 1.3 单仰角径向速度和垂直廓线反演

在主菜单第5项为单仰角径向速度部分。点击后弹出的对话框选项包括获得雷达单仰角径向速度图像平面显示和垂直廓线。平均风和散度垂直廓线是根据VAD及扩展方法<sup>[3,4]</sup>计算得到的(图2,见封二),对于缺测点较多的距离圈不计算平均风和散度垂直廓线。

## 1.4 水平风场反演

从多普勒速度场反演风场是系统最主要的功能之一。从多普勒径向速度图像的特征,如多普勒径向速度极值和径向速度零线的分布和走向,只能非常粗略地了解实际风场的一个大概,而且这种定性解释费时、费力,在实际工作中很难做到,而给出反演的水平风场后,扫描范围内的水平风在各个高度的分布形势就可以一目了然了。为了适应业务预报中时时监测的需要,反演风场方法应该简便,资料处理时间不能太长,同时还应满足监测中尺度风场要求,因此系统采用VAP<sup>[5,6]</sup>技术反演风场。

## 1.5 各个平面场的任意叠加及放大显示

在主菜单第6项为差分到水平面的各个变量的显示部分。在对话框内的所有可选变量(风场、反射率和径向速度)均可以任意叠加,而且可以根据需要选择所需要的高度和范围(图3a、b,见封二)。其中各高度层平面的全场或不同距离半径风场,均可以用风矢量、风羽或流线等不同方式显示。

## 1.6 生成V5D格式文件,利用V5D系统进行立体动画分析

为了更有利于科研人员对观测到的数据进行多方位的观察与分析,从而对天气系统有更清晰的认识,在主菜单第7项可以根据需要将单个或多个时次体扫文件资料处理成三维的回波强度、水平风场、散度场和地理信息的Vis5D格式格点数据,从而可以直接利用Vis5D软件<sup>[7]</sup>很方便的进行气象要素的三维立体(动画)显示(图4,见封二)。

### 1.7 回波强度和水平风场的动画回放

为了更好地分析天气系统的移动,设计了动画回放功能。在进行资料处理时自动保存处理过的时次的 2km 高度水平风和回波强度的位图,供需要时进行动画回放,也可以在文档打开中进行单幅位图回顾。

### 1.8 图像的存储、打印和图形文件打开

为了方便使用者将所需要的图形进行保留和在文档中分析使用,绘制的图形可以根据使用者需要保存为通用的 Bitmap 格式的图形文件;在文件打开菜单中可以打开 Bitmap 格式的图形文件以方便反复观看;可以进行图形打印。

### 1.9 操作简单

除具有以上功能外,系统的界面操作灵活。如打开、保存文件等常用功能不仅可以 通过选择菜单中的命令实现,还可以在工具条上直接点击快捷图标按钮实行;所有需要设定的参数如动画显示速度、水平高度等均通过对话框实现;多线程,可以自动进行文件的传输和存储管理;具有多个窗口可以切换;有很好的兼容性;灵活、快捷、易学易用。

虽然目前该软件已经具备多项功能,但其改进是无止境的。加入利用雷达反演风和回波强度进行临近预报的功能是我们下一步计划。随着对多普勒雷达数据处理方法的不断创新和改进,计算机技术的不断飞速发展,以及对使用的反馈意见的总结,我们将不断

改善和增加软件功能,使之更加完善,方便科研和预报人员的应用。

## 2 结 论

多普勒雷达数据分析显示系统软件是兼原始数据处理、反演并绘图显示功能于一体的雷达数据处理系统。该系统具有很好的兼容性和可移植性;风场的表达方式多样,多种水平变量均可以任意叠加、选择高度和放大系数,功能较为齐全,数据处理方法合理;可进行图像的存储、打开、打印等处理;自动进行数据文件的传输和存储管理;其交互式、多窗口、多任务的汉化操作界面,灵活、简便,容易使用。

## 参考文献

- 1 刘淑媛,王洪庆,陶祖钰.一种简易的多普勒雷达速度模糊纠正技术.应用气象学报,2004,(待发表).
- 2 陶祖钰.多普勒速度模糊的切向消除技术.应用气象学报,1993,4(2):145~153.
- 3 陶祖钰. Doppler 雷达 VAD 技术的讨论.应用气象学报,1995,6(1):109~113.
- 4 Browning, K. A. and R. Wexler. The determination of kinematic properties of a wind field using Doppler radar. J. App. Meteor., 1968, 7:105~113.
- 5 陶祖钰.从单 Doppler 雷达反演风矢量场的 VAP 方法.气象学报,1992,50(1):81~90.
- 6 刘淑媛.多普勒雷达风场信息处理技术及暴雨中尺度结构研究.北京大学博士研究生学位论文,2003:50~68.
- 7 王洪庆,张炎,陶祖钰等.五维大型复杂数据集计算机可视化.自然科学进展,1998,8(6):741~748.

## A Dealing and Graphic System for Doppler Radar Data

Liu Shuyuan<sup>1</sup> Sun Jian<sup>2</sup> Guo Weidong<sup>1</sup> Tao Zuyu<sup>3</sup> Wang Hongqing<sup>3</sup>

(1. Air Force Meteorological Center, Beijing 100843; 2. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing;

3. Department of Atmospheric Science, Peking University)

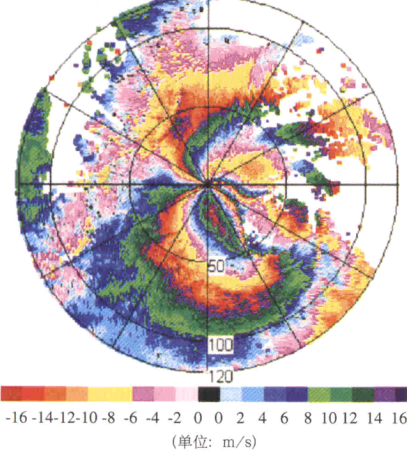
### Abstract

Doppler radars have become one of the most important instruments for weather nowcasting, and for meso-scale weather research because of it's higher spatial and temporal resolutions. A dealing and graphic system for Doppler radar data was developed so as to providing a convenient tool for users. According to user's needs, many kinds of variables can be plotted and superimposed upon each other. Wind can be displayed such as contour, streamline and vector. It can be used very easily and conveniently.

**Key Words:** Doppler weather radar display software

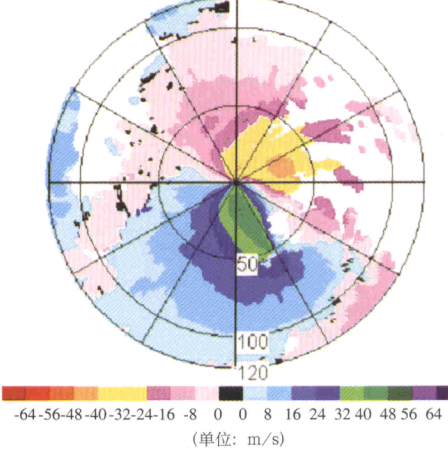
# 《多普勒雷达数据处理显示系统》附图

Time: 1998 年 08 月 04 日 01 时分  
elevation: 1.060000



(a)

Time: 1998 年 08 月 04 日 01 时分  
elevation: 1.060000



(b)

图1 台湾绿岛雷达 1998 年 8 月 4 日 01 时 30 分观测的 OTTO 台风 1.06° 仰角速度场  
(a) 原始图像 (b) 模糊纠正后的速度图像

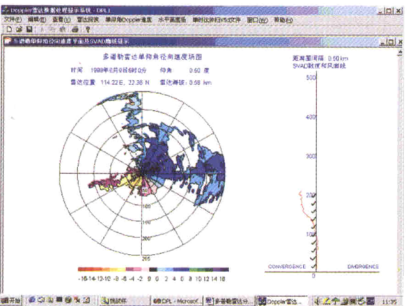


图2 单仰角径向速度和等值线  
及 VAD 散度和风廓线

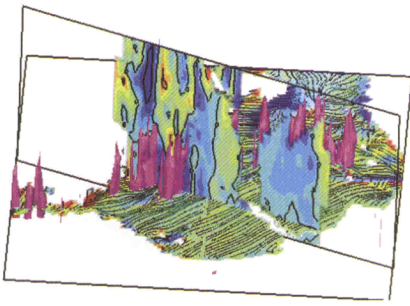
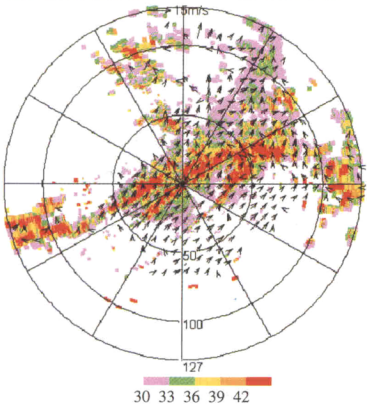


图4 香港 Doppler 雷达观测的暴雨资料经本系统  
处理后利用 Vis5D 得到的散度垂直剖面、2km  
水平散度和流场、回波强度 42dBz 三维等值面

时间: 1998 年 6 月 9 日 5 时 0 分  
雷达位置: 114.22E, 22.36N

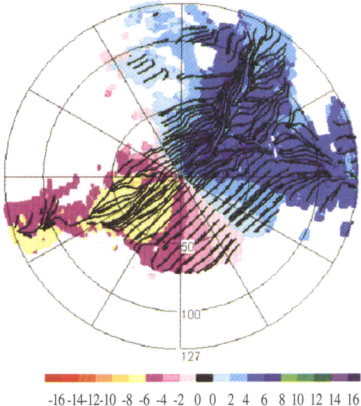
海拔高度: 1.50km  
雷达海拔: 0.58km



(a)

时间: 1998 年 6 月 9 日 5 时 0 分  
雷达位置: 114.22E, 22.36N

海拔高度: 2.00km  
雷达海拔: 0.58km



(b)

图3 (a) 1.5km 高度风矢量与强度回波; (b) 2km 高度速度流线与径向速度