

# 多普勒雷达 PPI 资料在 数值模式 MM5 中的应用<sup>①</sup>

杨艳蓉<sup>1,2</sup> 张沛源<sup>1</sup> 胡绍萍<sup>1</sup>

(1. 中国气象科学研究院, 北京 100081; 2. 河南省气象台)

## 提 要

利用多普勒天气雷达观测的回波强度资料, 估测大气的湿度值。假定回波强度大于 40dBz 的区域, 相对湿度为 100%, 小于 20dBz 的区域相对湿度为 90%, 20~40dBz 区域的相对湿度按线性变化求取。对应各点的温度值由 MM5 控制试验得出。然后通过迭代处理, 求出对应各点的露点温度, 通过以上步骤把雷达观测的回波强度值转换为模式中直接使用的物理变量, 用于模式计算。

为了验证该方法的可行性, 进行了模拟试验, 个例选用 2001 年 7 月 13 日安徽全椒暴雨过程。背景场采用 T213 资料, 加上常规探空, 地面资料, 通过分析形成控制试验的初始场。将安徽合肥新一代天气雷达观测的回波强度按上述方法加入到 MM5 中, 形成敏感试验的初始场。水平网格为  $103 \times 103$ , 格距为 10km, 垂直分 33 层, 中心位置为  $31.00^{\circ}\text{N}$ 、 $117.66^{\circ}\text{E}$ 。试验结果表明, 加入雷达资料后降水中心位置预报有明显改进。说明上述方法是可行的。

关键词:

## 引 言

暴雨是我国最重要的灾害性天气之一, 它具有明显的中尺度特征。对暴雨的模拟和研究主要是采用中尺度数值模式。我国当前的中尺度数值天气预报仍以常规探空资料作为初始场, 由于气象观测站点较为稀疏, 由此提供的初始场不能提高降水预报的精度, 也不能很好的反映中尺度特征。因此如何提供准确的中尺度气象初始条件, 是中尺度数值预报和模拟的关键所在。

多普勒天气雷达是以多普勒效应为基础, 通过相干发射和接收定量估算回波强度、径向速度、谱宽等信息的雷达系统, 是中尺度灾害性天气监测、预警的有力工具。它能有效的获取云体内部风场分布和结构的信息。

中国气象局正在建设新一代天气雷达网, 预计将于 2005 年完成。如何能够有效的把多普勒雷达观测资料用于中尺度数值预报, 准确、及时的预报暴雨天气, 尽量减少其危害, 是目前一个重要的研究课题。

众所周知, 水汽是形成暴雨的重要条件, Wollcott 等人指出, 如果没有足够的水汽湿度场环境, 那么于初始辐散场相应的上升运动将得不到凝结潜热释放的支持<sup>[1]</sup>。多普勒雷达回波强度资料能直接提供降水粒子的信息, 其径向速度资料经过反演可以得到风暴云体内部的风场信息。这些资料的空间分辨率比常规探空资料高得多。将这些资料加入数值模式中, 必定会对暴雨过程做出更加客观的预报。针对这个问题, 从 80 年代以来,

① 国家自然科学基金面上项目“新一代天气雷达观测数据四维同化的物理基础研究”(40375006)资助

国内外学者已经进行了不少研究。Wang 等用牛顿松弛法和潜热强迫将雷达资料同化到模式中,取得了较好效果,同时还进一步强调了增加湿度场对改进预报的作用<sup>[2]</sup>。郭霞、党人庆等在江淮暴雨区域的数值模式中进行雷达资料的应用试验<sup>[3]</sup>,结果表明,根据回波强度改变初始湿度场,增加了暴雨区及其邻近区域中低层水汽和辐合上升运动,雨区位置和雨量中心值更接近实况;徐慧、葛文忠将雷达、卫星资料放进 MM4 中尺度数值模式<sup>[4]</sup>,对准河流域暴雨过程进行了敏感试验,模拟结果比控制试验有较好的改进;徐玉貌等人将“713”测雨雷达和 GMS 卫星云图资料引入 PSU/NCAR 中尺度模式<sup>[5]</sup>,改变初始湿度场,对两个不同类型的江淮暴雨过程进行了数值模拟敏感试验,结果表明,加入雷达和卫星资料,通过水汽和辐合上升运动调整有效降水过程;另外,徐枝芳等将雷达、卫星资料通过改变水汽场加入 MMS 中尺度模式<sup>[6]</sup>,由于修正了暴雨区及其临近区域中低层水汽场,雨区位置和雨量中心更接近实况。

### 1 用多普勒雷达回波强度资料改善 MM5 的初始场

对多普勒雷达回波强度资料的处理可按两个方面进行。

#### 1.1 回波强度—相对湿度—露点温度

一般说来,强降水时的湿度很大,甚至可达到饱和,相对湿度为 100%;弱降水时湿度不饱和。为此可利用多普勒雷达回波强度资料改善湿度场,回波强度与相对湿度的关系作如下处理,如图 1 所示。

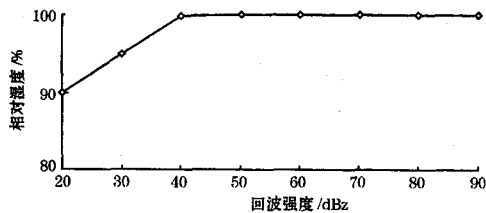


图 1 相对湿度与回波强度的关系  
回波强度  $\geq 40$  dBz 的区域对应的相对湿度为 100%,回波强度小于或等于 20 dBz 的

区域对应的相对湿度为 90%,在此之间的对应关系为线性变化。

根据模式中 Little\_r 模块的资料要求,还需要把这个相对湿度值转换为露点温度,才能进入模式进行运算。

通过迭代法把相对湿度转化为露点温度。具体迭代过程如图 2<sup>[7]</sup>。

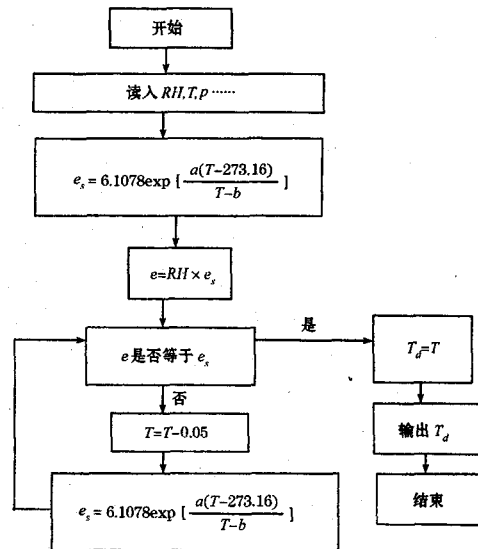


图 2 从相对湿度到露点温度的迭代关系

其中,  $RH$ 、 $T$ 、 $p$  表示相对湿度、温度、气压。 $e_s$ 、 $e$  分别表示饱和水汽压和水汽压值, $T_d$  为露点温度, $a$ 、 $b$  为常数,且有:

在水面上,  $a = 17.2693882$ ;  $b = 35.86$

在冰面上,  $a = 21.8745584$ ;  $b = 7.66$

由图 2 可知,要求出回波强度图上对应点的露点温度值,需要知道该点对应的同时间的温度值。而常规探空资料稀疏,很多有回波的点无实测温度值,为了解决这一矛盾,可以将 MM5 控制试验得出的对应点的温度值做为该点的温度值。

#### 1.2 回波强度对应点的空间位置

在 PPI 回波强度图上,一个回波强度观测点所对应的高度  $H$  由下式给出<sup>[8]</sup>:

$$H = h + L \sin \theta + \frac{L^2 \cos^2 \theta}{17000} \quad (1)$$

式(1)中,  $h$  表示雷达天线的海拔高度,  $L$  为

径向距离,  $\theta$  表示仰角,  $H$  的单位为 km。

给出观测点高度后,需将其转换为等压面的气压值。其转化关系用标准大气压高公式<sup>[9]</sup>。即 11km 以下:

$$p = p_0 [1 - (\gamma/T_0)(z - z_0)]^{g/R_r} = 1013.250 \times (1 - 2.26 \times 10^{-5} H)^{5.26} \quad (2)$$

为铅直温度递减率,取值为  $0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$ 。

11~20km 之间采用下式:

$$p = 226.99e^{-1.58 \times 10^{-4}(z - 11 \times 10^3)} \quad (3)$$

对应该位置的经纬度可由文献[8]中的方程(16)(17)求出。

通过以上处理,回波点的空间位置就确定了。同时经过回波强度-相对湿度-露点温度的转换,就可以将多普勒雷达回波强度上对应点信息经过空间插值,放入模式中。

## 2 模拟试验及结果

### 2.1 试验设计

试验选择的积分时间范围为世界时 2001 年 7 月 13 日 00 时~14 日 00 时,共积分 24 小时。所用的背景场资料为同时间的 T213 资料,加上此时的常规探空、地面资料,通过分析形成控制试验 CON 的初始场。用前面论述的方法,将安徽合肥多普勒雷达观测到的同时间的雷达回波强度资料加入 MM5 中,形成敏感试验 SER 的初始场。水平网格为  $103 \times 103$ ,格距 10km,垂直 33 层。中心位置为  $(31.00^\circ\text{N}, 117.66^\circ\text{E})$ 。

### 2.2 试验结果

做间隔 6h 的降水预报。因试验的格距取的较小,在模拟中可能产生一些虚假降水中心。下面是主要降水时段的控制试验、敏感试验和实况的对比结果。

图 3 为降水实况图,强降水中心全椒  $(32.05^\circ\text{N}, 118.16^\circ\text{E})$  在 6h 内的降水量为 102.3mm,控制试验的降水中心有两个,雨量分别为 70、80mm,位置与实况相比偏离较大(见图 4)。敏感试验的降水中心的位置与实况比较吻合,模拟的降水中心为 60mm 左

右(见图 5)。

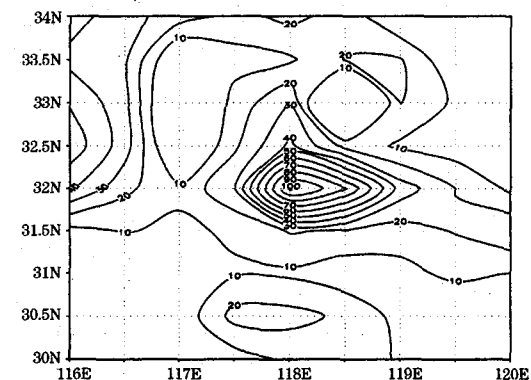


图 3 2003 年 7 月 13 日 12 时~18 时 6h 降水实况

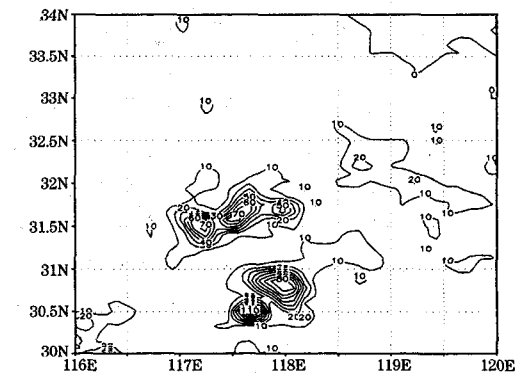


图 4 2003 年 7 月 13 日 12 时~18 时 6h 控制试验结果

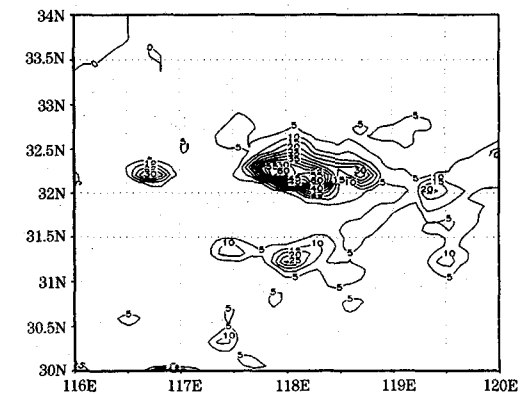


图 5 2003 年 7 月 13 日 12 时~18 时敏感试验结果

## 3 结论

由以上的试验可以看出:

(1)加入多普勒雷达回波强度资料后,预报的降水中心位置有较大改进;

(2)本文中控制试验的模拟未能调整到理想状态;雨区内的小闭合中心明显增多,闭

合降水中心显得混乱。尽管目前所获得的雨量观测资料稀疏,不足以完全反映降水过程的小尺度分布特征,但当模式格距较小,特别是减小到 10km 及以下时,在模拟出主要降水分布特征的同时,也出现了一些小的虚假降水中心。

这些方法和模拟结果都是初步的,多普勒雷达观测资料的四维变分同化是今后的重要研究方向。

#### 参考文献

- 1 Wollcott S W. Warner T T. A humidity initialization utilizing surface and satellite data. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, 109:1988—1989.
- 2 Wang W. Warner T T. Use of four-dimensional data assimilation by Newtonian relaxation and latent-heat forcing

- to improve a mesoscale-model precipitation forecast: A case study. *Mon. Wea. Rev.*, 1988, 116:2593—2613.
- 3 郭霞,党人庆等. 雷达资料在江淮流域数值模拟中的应用试验. *热带气象学报*, 1999, 15(4):352~362.
  - 4 徐慧,葛文忠. 雷达和卫星资料在淮河流域暴雨实时数值预报试验中的应用. *气象科学*, 2000, 20(4):433~439.
  - 5 徐玉貌,夏文梅. 雷达和卫星资料对江淮暴雨数值模拟的影响. *南京气象学院学报*, 2001, 24(4):545~552.
  - 6 徐枝芳,徐玉貌. 雷达和卫星资料在中尺度模式中的初步应用. *大气科学*, 2002, 22(2):167~174.
  - 7 周军. 天气学诊断分析. *南京气象学院*, 1986:25.
  - 8 张沛源,周海光,胡绍萍. 双多普勒天气雷达风场探测的可靠性研究. *应用气象学报*, 2002, 13(4):485~496.
  - 9 赵鸣,苗曼倩,王彦昌. *边界层气象学教程*. 北京:气象出版社, 1991:258~280.
  - 10 王建捷,胡欣,郭肖容. MM5 模式中不同对流参数化方案的比较试验. *应用气象学报*, 2001, 12(1):41~53.

## Application of Doppler Radar PPI Data to the Numerical Model MM5

Yang Yanrong<sup>1,2</sup> Zhang Peiyuan<sup>1</sup> Hu Shaoping<sup>1</sup>

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081;

2. Henan Meteorological Bureau)

#### Abstract

The atmospheric humidity are estimated with Doppler radar echo intensity. The relative humidity values are equaled to 100% in the areas of the echo intensity greater than 40dBz and relative humidity values are equaled to 90% in the areas of the echo intensity less than 20dBz, the relative humidity values are kept to linear correlation with the echo intensity in the areas of 20dBz - 40dBz. The corresponding temperature values are gained by the control experimentation. Then the correspond dew point temperature values are calculated with iteration method from the humidity and temperature. Through these processes, radar echo intensity values are transformed to the variable values of the numerical model MM5 and are use in the MM5.

The simulation experimentations are made to validate the method, the example is a heavy rainfall event in Quanjiao area, Anhui Province on the 13 July 2001. The background fields use the T213 data. The initial fields of control experimentation are evolved by the analysis from routine sounding and surface data. The echo intensity data of Hefei Doppler radar observations come into being the initial fields of MM5 sensitive experimentation. In this test the horizontal grids are 103×103, the distance is 10km, There are 33 levels at Perpendicularity, the central position is located at the point (31.00°N, 117.66°E). The result shows that predicating precipitation areas are improved obviously and indicates that this method is feasible.

**Key Words:** Doppler radar numerical model precipitation