

李国静,徐幼平,成巍,等.一次大暴雨过程的多普勒雷达资料同化的敏感性试验[J].暴雨灾害,2009,28(2):97-103.

一次大暴雨过程的多普勒雷达资料同化的敏感性试验

李国静¹,徐幼平²,成巍²,程锐²,顾春利²

(1.解放军理工大学气象学院,南京 211101;2.北京应用气象研究所,北京 100029)

摘要:利用 WRF 中尺度模式及 WRF-3DVAR 变分同化系统和 LAPS 雷达资料前处理模块建立试验平台,直接同化 S 波段多普勒雷达反射率和径向速度资料,通过对 2008 年 8 月 15—16 日发生在我国长江中游的一次大暴雨过程的各项预报对比试验研究,初步检验和评估不同种类多普勒雷达观测数据同化对改进数值模式初始场及其数值预报能力的影响及作用。初步结果表明:多普勒雷达资料同化对提高暴雨数值预报能力有重要作用。无论在 24 h 累计降水还是在逐时降水预报方面,同化多普勒雷达资料均可使降水雨带分布和强降水中心预报的准确性得到较大改善;多普勒雷达反射率资料同化对初始水汽场的改变显著,对初始风场影响较小,而同化径向速度对初始水汽场的改变较小,但可增加初始风场的中小尺度信息,使初始风场产生较大变化。总体上看,虽然雷达反射率和径向速度资料同化均可改进强暴雨的数值预报,但雷达反射率资料同化对降水雨带和中心预报的改进更为显著和重要。

关键词:多普勒雷达;资料同化;WRF 模式;初始场

中图分类号:P456.7 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2009)02-0097-07

1 引言

初值问题是数值天气预报中的一个关键性问题。大气初值好坏直接影响数值预报质量。在中尺度数值预报中,中尺度系统的初值信息获取和分析至关重要,它是提高中尺度数值预报准确率的关键之一。多普勒天气雷达为监测和获取中小尺度强对流云体内部的云和降水参数三维结构、大气流场分布及变化信息以及估测降水强度等提供了新的重要技术手段。尽管多普勒雷达观测具有常规气象观测无可比拟的高时空分辨率,但其观测仅能给出径向速度、回波强度(反射率)和速度谱宽等非模式预报参量。如何利用雷达观测数据提取重要气象要素信息,为数值预报模式提供更加合理和准确的初始场,是多普勒雷达资料同化的主要任务,也是利用雷达观测资料提高灾害性天气数值预报能力的重要途径。

目前对多普勒雷达资料同化主要指径向速度数据和回波强度数据的同化。一系列反演技术的出现为在数值模式初始场中使用多普勒雷达资料奠定了基础。多普勒雷达径向速度最初是通过 VAD(Velocity Azimuth Display) 技术以风廓线的形式被同化到模式中。Lhermitte 等^[1]、Browning 等^[2]提出 VAD 方法,在均匀风或线性风的假设条件下,由径向速度反演出水平方向上的平均风向、风速。马清云等^[3]利用局部 VAD

方法将反演得到的风场信息同化进 MM5 模式,改进了降水的数值模拟;邱崇践等^[4]基于其提出的简单伴随函数法,利用三维半变分分析方法反演风场,改进了 ARPS 中尺度模式数值预报的初始场。托亚等^[5]利用多普勒雷达资料反演的降水对模式预报进行动力和热力非绝热初始化调整,通过 MM5 模式试验发现,雷达资料能提高 0~6 h 降水的落区和强度预报。在多普勒雷达资料直接同化方面,Xiao 等^[6]通过理查德森方程引入垂直速度增量,引入直接同化观测算子,利用 MM5(WRF)-3DVAR 系统实现了多普勒雷达资料直接同化。盛春岩等^[7]通过 ARPS 模式及其资料同化系统同化多普勒雷达资料,分析了同化多普勒雷达资料对初始场的改进及其对数值模拟结果的影响。尽管如此,目前国内对多普勒雷达资料变分同化应用尚处于初步试验阶段,还需要深入研究。

本文采用美国 NCAR 研究开发的新一代中尺度预报模式 WRFV3.0.1 及其三维变分同化系统(WRF-3DVAR),结合 LAPS 多普勒雷达预处理模块建立试验平台^[8],实现对国内 S 波段多普勒雷达径向速度和回波强度数据直接同化。通过对 2008 年 8 月发生在我国长江中游的一次大暴雨过程的各项预报对比试验,检验和评估国内多普勒雷达不同种类观测数据同化对改进数值模式初始场及其数值预报能力的影响及作用。

收稿日期:2009-02-16;定稿日期:2009-04-03

基金项目:国家“973”项目“我国南方致洪暴雨监测与预测的理论和研究方法研究”第四课题(2004CB418304)和国家公益性行业专项“AREM 中尺度数值预报模式资料同化及关键物理过程技术研究”(GYHY(QX)2007-6-12)共同资助

作者简介:李国静,男,1982 年生,硕士研究生,主要从事中尺度气象学研究。E-mail: lgj20040414@163.com

2 WRF 模式及 WRF-3DVAR 简介

2.1 WRF 模式简介

WRF 模式是由美国 NCAR 组织多个科研部门及大学的科学家共同参与开发研究的新一代中尺度预报模式,是一个完全可压非静力模式,采用 Arakawa C 网格点。模式实行多模式框架的结构,动力框架有三个不同方案。前两个方案采用时间分裂显示方案来解动力方程组,即模式中垂直高频波的求解采用隐式方案,其他波动则采用显示方案。这两种方案的最大区别在于所采用的垂直坐标不同,其分别是几何高度坐标和质量(静力气压)坐标。第三种模式框架方案是采用半隐式半拉格朗日方案来求解动力方程组。模式包括多种微物理过程和参数化方案。本文采用时间分裂显示方案和静力气压垂直坐标。

2.2 WRF-3DVAR 系统简介

WRF-3DVAR 是一个全球和区域统一框架的格点三维变分同化系统,其在水平面上为 Arakawa C 交错网格,垂直方向上随观测资料坐标而变化,即可以是气压坐标也可以是位势高度坐标。该系统采用增量方法,支持多种控制变量的配置;极小化方法可选拟牛顿法(Quasi-Newton Method)和共轭梯度法(Conjugate Gradient Method);能直接同化常规探空、常规地面观测、雷达径向风和反射率等资料;集成新的背景场误差计算软件(gen_be),可结合 WRF 模式生成更优的背

景场。

3 个例选取和试验设计

3.1 暴雨个例选取和天气背景

本文所用暴雨个例是 2008 年 8 月 15—16 日发生在我国长江中游的一次大暴雨过程。此过程发生前,500 hPa 贝加尔湖地区存在阻塞高压,阻高两侧的低压槽不断引导冷空气南下,对流层低层来源于孟加拉湾的西南暖湿气流从青藏高原南侧到达长江中游地区。850 hPa 西南地区存在低涡(图 1a),暴雨中心区位于低涡东南侧。在贵阳—宜昌一线有低空急流维持,700 hPa 急流中心值达到 $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,暴雨中心区位于低空急流出口左下方。在 200 hPa,高空急流维持在 37°N 附近,暴雨中心区处于高空急流右下方,风速极值中心达 $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。低涡东部至长江中游地区为一准静止切变线。暴雨期间,500 hPa 阻高南压, 30°N 附近短波槽发展加深,切变线基本维持,低涡逐渐向东发展。这种高低空系统的配置非常有利于暴雨发生发展。图 1b 给出 2008 年 8 月 15 日 00 时(世界时 UTC,下同)至 16 日 00 时 24 h 累计降水量分布。从图 1b 中看出,这次暴雨过程的主要降水区位于湖北中南部和湖南北部,降水雨带分布为西南—东北走向,降水中心主要位于湖北宜昌、荆州,湖南常德、张家界附近。最大中心出现在湖北长阳站(30.46°N 、 111.18°E),24 h 累计降水量达到 179 mm。

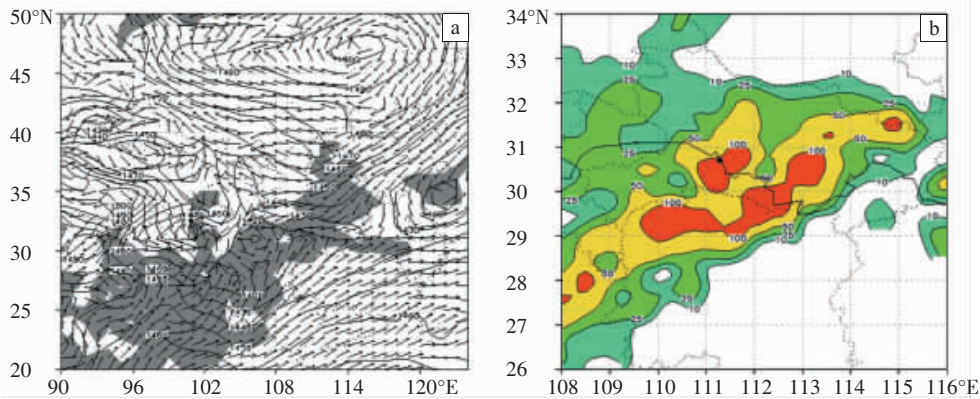


图 1 2008 年 8 月 15—16 日我国长江中游暴雨过程的主要天气背景

(a) 15 日 00 时 850 hPa 位势高度(gpm)、风($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)和相对湿度(阴影区大于 90%)叠加图;

(b) 15 日 00 时至 16 日 00 时 24 h 累计降水量(mm)分布

3.2 试验设计

本文中 WRF 模式采用双重嵌套网格,嵌套的两个区分为外层 D1 大区 and 内层 D2 小区。外层 D1 区的网格距为 30 km,中心位置(30.3°N 、 110.3°E),水平方向取 185×144 个格点,垂直方向取 40 层。内层 D2 区网格距为 10 km,中心位置(29.6°N 、 110.7°E),水平方向取 163×130 个格点,垂直方向取 40 层。双重嵌

套模式均采用 Ferrier 微物理方案和 Betts_Miller 积云参数化方案。为了考察雷达资料同化效果,针对不同初值设计控制试验和不同类型对比试验(表 1)。对于控制试验,采用 6 h 间隔的 $1^\circ\times 1^\circ$ NCEP 同化分析资料作为 D1 区模拟的初始场和侧边界条件。模式积分时段从 2008 年 8 月 15 日 00 时至 16 日 00 时,共积分 24 h。对比试验包括三组,分别在 D2 区嵌套网格的初

始场生成中分别进行多普勒雷达径向速度、反射率以及同时加入径向速度和反射率三种方式的资料变分同化,背景场则采用 NCEP 1°×1°同化分析资料,其它试验方案与控制试验相同。宜昌 CINRAD-SA 多普勒雷达位于 30.70°N、111.28°E,海拔 203.4 m。文中雷达资料在进行同化分析前,通过 LAPS (Local Analysis and Prediction System)进行雷达资料预处理^[9]。文中分析的区域均为 D2 区。对背景误差协方差的确定,采用 NMC 方法^[10],即利用 WRF 模式进行 1 个月(2008 年 8 月 1—31 日)的 24 h 数值预报。通过对 24 h 与 12 h 预报场偏差统计求取有气候意义上的背景场误差协方差。

表 1 控制试验与对比试验方案设计

试验名称	初始场说明
控制(con)	以 NCEP 1°×1°同化分析资料作为初值
vel	以 NCEP 1°×1°同化分析资料为背景场,并同化雷达径向速度资料为初值
ref	以 NCEP 1°×1°同化分析资料为背景场,并同化雷达反射率资料为初值
v+r	以 NCEP 1°×1°同化分析资料为背景场,同时同化雷达径向速度和反射率资料为初值

3.3 多普勒雷达资料预处理

新一代多普勒天气雷达数据质量主要受地物杂波、距离折叠、速度模糊三因素影响。二级存档的资料已作地物杂波和距离折叠处理,但没有速度退模糊。这里,借助 LAPS 系统有关雷达资料预处理模块进行该工作。LAPS 是美国 NOAA 下属的 ESRL(Earth System Research Laboratory)实验室研究开发的局地分

析预报系统,能融合分析包括多普勒雷达资料、中尺度加密观测资料在内的局地探测等资料。LAPS 系统预处理后得到 9 个仰角多普勒雷达体扫数据,并以 NETCDF 格式分别存放在 9 个文件中。本文沿用张沛源等^[11]提出的方法,将采用仰角(α)、方位角(β)和斜距(L)三个量表示的多普勒雷达资料数据转换到以经纬度和离地球表面的垂直伸展高度表示的量进入 WRF-3DVAR 系统,转换后的雷达资料径向分辨率为 6 km。雷达观测误差(s)按照下式给定:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n x_i - \bar{x} \right)^2}$$

其中, $n=5$,5 个点分别(x_i)为相邻两个径向线上同距离库的点和同一径向线上三个相邻的点。本文所提取的多普勒雷达资料的有效点数为 8 415 个。

4 多普勒雷达资料同化对初始场影响分析

4.1 对初始场风场影响

通过比较控制试验和三组对比试验的初始风场发现,无论同化哪种多普勒雷达资料,初始风场均有变化,但同化径向速度对初始大气风场流型改变更为显著。图 2 给出了各试验的 850 hPa 初始风场。由图 2a 可见,控制试验的初始流场在暴雨发生区主要呈现向东伸展的低压槽气旋性流型,风场结构比较平整;与控制试验相比,同化雷达径向速度后,初始流场在湖南常德以北出现一中尺度低涡(图 2b),在雷达站西北沿长江一线出现强辐合线;若同时同化雷达反射率和径向速度后,初始流场与只同化径向速度的初

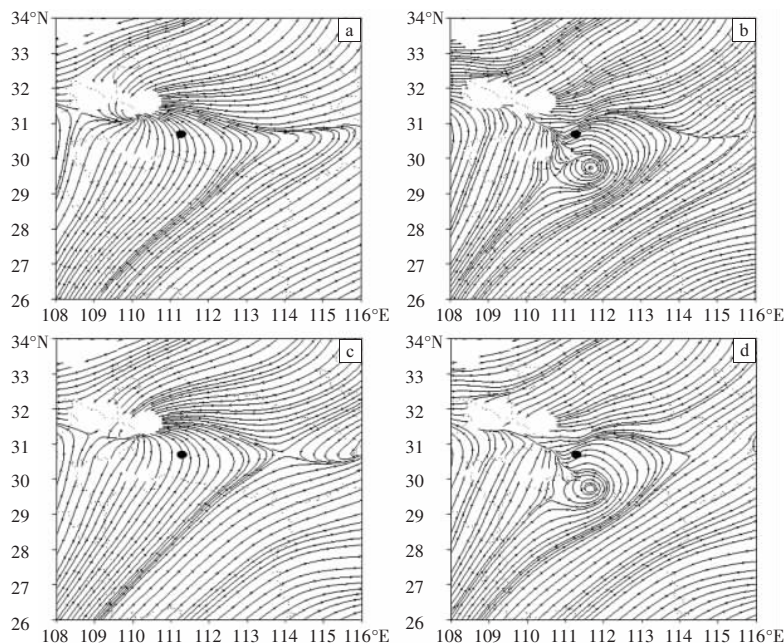


图 2 con 试验(a)、vel 试验(b)、ref 试验(c)、v+r 试验(d)的 850 hPa 初始风场 (● 为多普勒雷达所在位置,下同)

始流场比较接近,但辐合线向西伸展更多(图 2d);如果仅同化反射率,初始流场改变并不大,出现比较明显的鞍型场(图 2c);在 700 hPa,同化多普勒径向速度后,雷达站附近的气旋性环流更加明显,低层出现的中尺度低涡在此层表现为辐合点;仅同化雷达反射

率,流场和控制试验非常接近;同时同化反射率和径向速度的流场与仅同化径向速度的初始流场比较接近(图略)。这说明同化多普勒雷达径向速度对初始流场调整比较显著,能在初始风场中增加中小尺度信息。

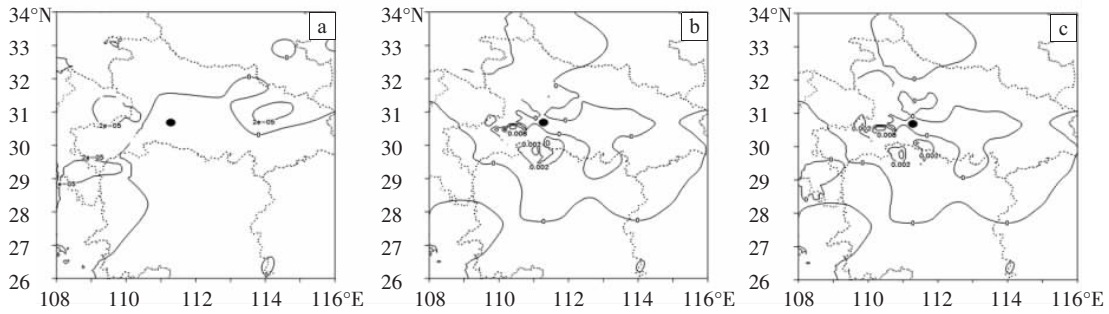


图 3 vel 试验(a)、ref 试验(b)、v+r 试验(c) 850 hPa 初始水汽场(q_0)增量分布(单位: $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)

4.2 对初始水汽场影响

图 3 给出三组对比试验初始水汽场与控制试验偏差(即增量)。从中可见,同化多普勒雷达径向速度资料对初始水汽场的调整较小(图 3a);同化反射率资料对初始水汽场调整较为显著,且增量主要出现在雷达

站的西南方向;同化反射率资料对初始水汽场的调整量级比同化径向速度资料大两个量级(图 3b、c)。而在高层,初始水汽场变化增量小得多(图略),这说明多普勒雷达资料同化对水汽场的调整主要表现在中低层。

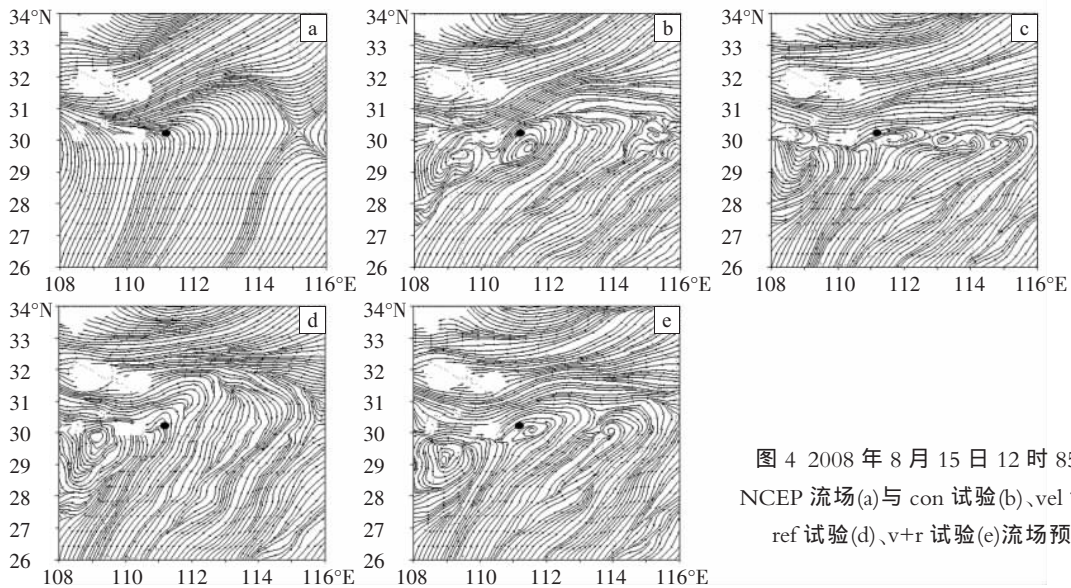


图 4 2008 年 8 月 15 日 12 时 850 hPa NCEP 流场(a)与 con 试验(b)、vel 试验(c)、ref 试验(d)、v+r 试验(e)流场预报图

5 数值预报结果分析

5.1 风场预报结果分析

图 4 给出由 NCEP 同化分析资料 ($1^\circ\times 1^\circ$) 得到的 2008 年 8 月 15 日 12 时 850 hPa 流场图和相同时刻四组试验的预报结果。

从图 4a 中可见,在模式区域中 850 hPa 的 NCEP 同化分析流场存在一个从西南向东北延伸的倒槽,暴雨主要发生在 SSW 风与 NE 风所形成的暖式切变线上,位于雷达站附近。对比雷达资料同化四组试验的 12 h 预报流场(图 4b、c、d、e),四组试验的预报流场差异较为显著。其差别主要体现在倒槽和暖式切变线走

向、位置和倒槽内部中尺度环流分布上,流场分布的差异也使降水雨带及降水中心走向和位置呈现差异。同化雷达反射率资料试验的预报流场与 NCEP 同化分析流场比较接近,倒槽也基本是由西南向东北延伸,而南部西南风与北部东北风所构成的暖式切变线位置也位于雷达站附近,主要降水则发生在暖式切变线及稍偏南位置(图 4d)。对比同化雷达径向风资料的 vel 和 v+r 试验(图 4b、c、e),均在雷达站附近出现明显气旋性环流中心,尽管由于 NCEP 同化分析场分辨率的原因,很难判别气旋性环流中心存在与否,但各试验所形成的较大尺度的倒槽流型基本呈东西走向,且暖式切变线也明显南移,均与 NCEP 同化分析结果有一

定差异,尤其是 vel 和 v+r 试验这种差异更明显,这也导致 vel 和 v+r 试验在雷达站东段的降水雨带与实况出现较大位置差异(图 6)。以上特征在 700 hPa 流场和其它预报时次也有类似反映(图略)。

5.2 水汽通量场预报结果分析

充足的水汽汇入^[12]是大暴雨发生的重要条件之

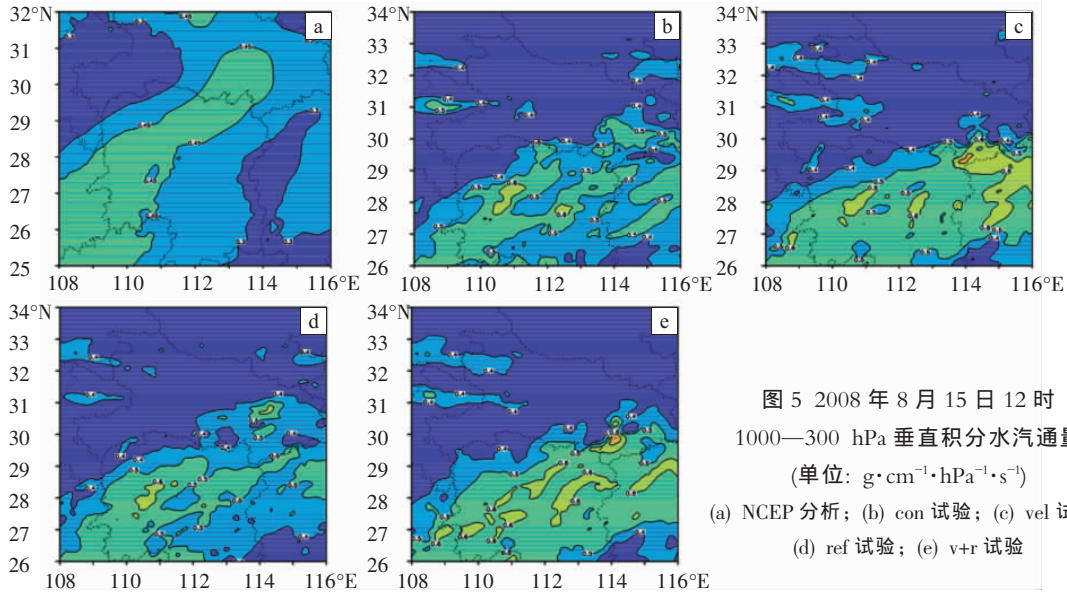


图 5 2008 年 8 月 15 日 12 时
1000—300 hPa 垂直积分水汽通量
(单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)
(a) NCEP 分析; (b) con 试验; (c) vel 试验;
(d) ref 试验; (e) v+r 试验

从图 5a 中可见,由同化分析给出的水汽通量大值区分布呈西南—东北带状,这说明此次暴雨过程的水汽主要来源于倒槽内的西南暖湿气流。对比同时刻四组试验的水汽通量预报图发现,总体上四组试验都预报出水汽通量场大致走向,但对水汽输送带中心位置及其强度预报,各组试验存在较大差异,这些差异是同化分析初值中不同环流差异引起的中尺度系统发展的结果。在控制试验中,水汽通量大于 $0.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 的区域相比同化试验比较零乱,没有形成连续带状分布(图 5b),对湖南、贵州交界区域水汽通量的预报,控制试验预报位置偏南,这在三组同化试验中得到了较好改进。对比三组同化试验可见,在 vel 试验和 v+r 试验中,水汽通量大于 $0.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 的区域面积较大,特别是在湖北、湖南和江西交界处预报偏强,这与 NCEP 同化分析场差别较为显著(图 5c、5e)。而只同化雷达反射率的 ref 试验对于水汽通量的预报效果相对明显,特别是对湖南西南部水汽通量的预报,其位置、范围与 NCEP 同化分析场一致(图 5d)。

5.3 降水量预报与实际观测对比分析

由实况可知,这次降水过程降水区位于湖北中南部和湖南北部,降水雨带分布为西南—东北走向,降水中心主要位于湖北宜昌、荆州,湖南常德、张家界附近。最大降水中心出现在湖北长阳站,位于雷达站的西南方。对三组对比试验对这次降水过程的模拟结果

一。水汽通量通常用来判断水汽来源、水汽输送方向及强度,为了反映各类试验对水汽场的预报情况,这里探讨各类试验的水汽通量场预报结果。图 5 给出 2008 年 8 月 15 日 12 时 NCEP 同化分析资料(1000—300 hPa 垂直积分)计算的及四组试验预报的水汽通量场分布。

分析如下。

5.3.1 24 h 累计降水量预报与实况比较

图 6 给出 con、vel、ref、v+r 四组试验的 24 h 累计降水量预报结果。与实况相比(图 1b),四组试验对降水都有一定的预报能力,但从降水雨带和雨强中心分析可知,ref 试验对这次降水过程预报较其它三组试验好。控制试验的主要降水雨带呈东西走向,雷达站附近的降水中心较实况偏西,大暴雨中心范围偏小(图 6a);三组对比试验的雨带总体呈西北—东南走向,与实况相近。vel 试验东北部雨带 50 mm 等值线与雨带主体断开,位于 30°N 附近,较实况位置偏南(图 6b),而 v+r 试验对此地区雨带预报虽与雨带主体相接,但向西北方向伸展(图 6d),ref 试验的雨带无论走向还是位置与实况最为接近(图 6c);从雷达站附近的大暴雨中心分布看,三组对比试验结果要比控制试验更接近实况,ref 试验雷达站附近的大暴雨中心更为集中,其位置与实况对应更好。

通过以上分析初步说明,同化多普勒雷达资料能够改进降水雨带和降水中心的预报,其中同化反射率资料对降水预报改进最为明显。

5.3.2 逐时降水量与 T_{BB} 观测比较

对比分析 8 月 15 日 00 时至 16 日 00 时逐小时降水量预报与逐小时 T_{BB} 观测资料发现,云带和降水中心上对应关系均较好,尤其在 15 日 20 时两者对应

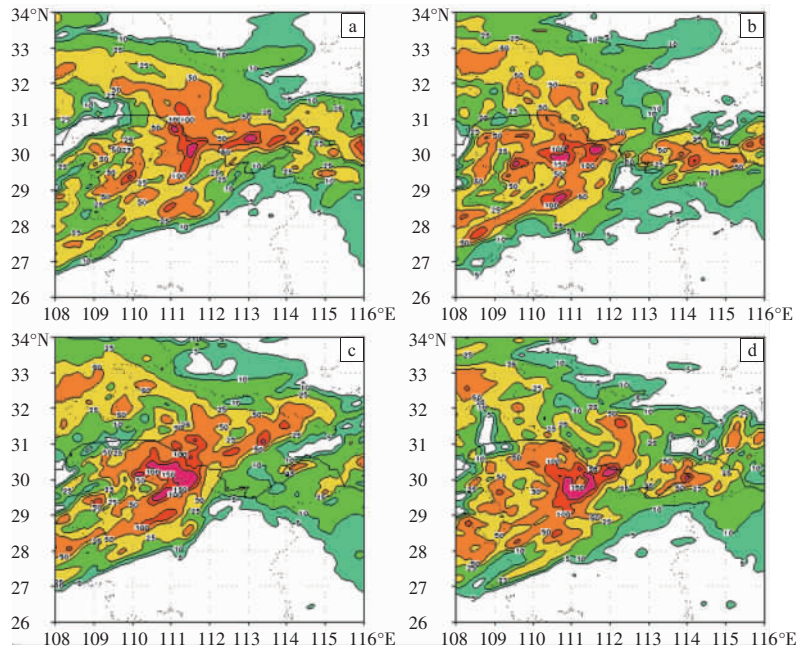


图 6 2008 年 8 月 15 日 00 至 16 日 00 时 con (a)、vel (b)、ref (c)、v+r (d) 试验的 24 h 累计降水量(单位: mm)

的最为一致。图 7 给出 8 月 15 日 20 时 FY2C 卫星 T_{BB} 观测资料, 图 8 给出同一时刻四组试验降水量预报, 总体上看, ref 试验降水预报与 T_{BB} 观测比较一致。

从图 7 中可见, T_{BB} 云带呈西南—东北走向, 有三个低值中心, 分别位于湖南西南部、湖南北部以及湖南东北部与湖北交界地带。对比同时刻降水量预报, 从雨团中心位置来看, 控制试验在湖南北部与湖北交界处的雨团比较零散(图 8a), 而三组对比试验在此处的雨团中心比较集中(图 8b、8c、8d), 与 T_{BB} 低值中心对应的云团位置有较好对应, 该地区正好对应的就是实际最强的暴雨中心; 从整个降水雨团分布及雨带走向看, ref 试验预报呈西南—东北走向, 其与 T_{BB} 低值对应的云带比较一致, 而 vel 试验和 v+r 试验结果在西

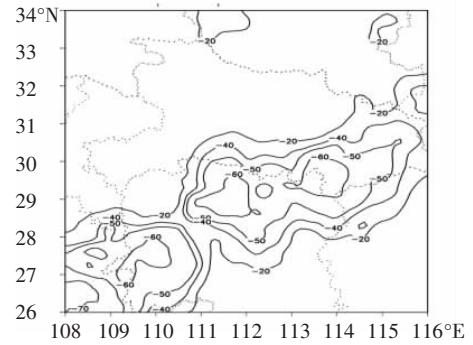


图 7 2008 年 8 月 15 日 20 时 FY2C 卫星 T_{BB} 观测(单位: $^{\circ}\text{C}$)

段与云带对应较好, 但东段雨团预报偏弱; 控制试验在湖南西南部, 出现南北两个雨团中心, 对照 T_{BB} 图看, 北部雨团的出现可能为虚报, 而三组对比试验对

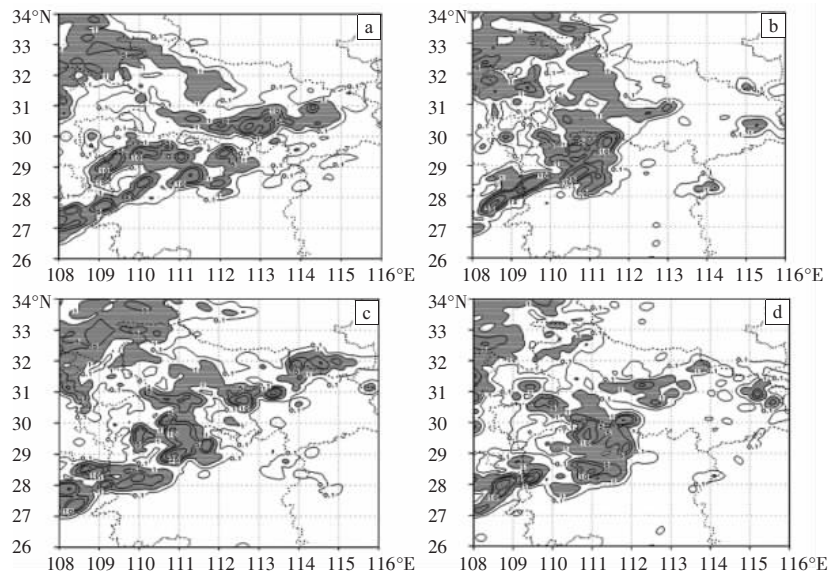


图 8 2008 年 8 月 15 日 20 时 con(a)、vel(b)、ref(c)、v+r(d) 试验降水量分布(单位: mm)

此有改进。其它时刻,总的来说,逐小时降水量和 T_{BB} 观测对应也较为一致。

综上所述,对雷达资料同化能使模式对中尺度暴雨团预报得到改进,而雷达反射率(回波)同化对提高暴雨预报能力更为重要。

6 初步结论

(1)同化多普勒雷达资料能够改进模式对暴雨的数值预报,无论在逐时降水预报还是 24 h 累计降水预报方面,多普勒雷达资料同化后,均能使强降水中心及雨带分布预报有较大改进。

(2)同化多普勒雷达反射率对初始水汽场的改变较为显著,而对初始风场的影响不明显。

(3)同化多普勒雷达径向速度能够在初始风场中增加中小尺度信息,而同化多普勒雷达径向速度对初始水汽场改变很小。

(4)同化多普勒雷达资料能使模式对中尺度暴雨团预报得到不同程度改进,雷达反射率(回波强度)同化对提高暴雨预报能力更为重要。

应该指出的是,本文结论仅是针对一次暴雨过程进行同化分析试验得出,今后将通过更多暴雨过程试验及分析来验证其结论的普适性。

真诚感谢美国 NCAR 肖庆农博士在 WRF 及 WRF-3DVar 系统调试上的指导;感谢武汉暴雨研究所彭菊香在调试 LAPS 系统给予的帮助以及暴雨过程多普勒雷达资料和 MICAPS 资料的支持;感谢国家卫星气象中心师春香博士提供暴雨过程的 T_{BB} 资料。

参考文献:

- [1] Lhermitte R M, Atlas D. Precipitation motion by pulse Doppler[C]. Preprints Ninth Weather Radar Conference. Amer Meteor Soc,1961: 218-223.
- [2] Browning K A, Wexler R. The determination of kinematic properties of a wind field using Doppler radar [J]. Appl Mete 2, 1968, 7(1): 105-113.
- [3] 马清云,李泽椿,陶士伟.单部多普勒天气雷达风场反演及其在数值预报中的应用试验[J].应用气象学报,2001,12(4):488-494.
- [4] Qiu C, Xu Q. A simple adjoint method of wind analysis single Doppler radar data [J]. Atmos Oceanic Tech 1992, 9: 588-598.
- [5] 托亚,梁海河,马淑芬,等.用雷达观测资料改进 MM5 初始场的初步试验研究[J].南京气象学院学报,2003,26 (5):661-664.
- [6] Xiao Q, Kuo Y H, Sun J Z, et al. Assimilation of Doppler radar observations with a regional 3D-Var system: Impact of Doppler velocities on forecasts of a heavy rainfall case [J]. Appl Meteor, 2004, 44:768-788.
- [7] 盛春岩,浦一芬,高守亭.多普勒天气雷达资料对中尺度模式短时预报的影响[J].大气科学,2006,30(1): 93-107.
- [8] 李红莉,崔春光,王志斌.LAPS 的设计原理、模块功能与产品应用[J].暴雨灾害,2009,28(1):64-70.
- [9] 李红莉,张兵,陈波.局地分析和预报系统(LAPS)及其应用[J].气象科技,2008,36(1):20-23.
- [10] Parish D F, Derber J. The National Meteorological Center's spectral statistical-interpolation analysis system [J]. Mon Wea Rev, 1992, 120: 1747-1763.
- [11] 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[J].应用气象学报,2002,13(4):485-496.
- [12] Chen G T, Yu C C. Study of low-level jet and extremely heavy rainfall over northern Taiwan in the Mei-Yu season [J].Mon Wea Rev, 1988, 116: 884-891.

Doppler Radar Data Assimilation Sensitivity Experiment on a Heavy Rain Event

LI Guo-jing¹, XU You-ping², CHENG Wei², CHENG Rui², GU Chun-li²

(1. Institute of Meteorology in PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101;

2. Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029)

Abstract: Using mesoscale model WRF and WRF-3DVAR Variational Data Assimilation system and the Radar pretreatment module of LAPS, S-wave band Doppler radar reflectivity and radial velocity were directly assimilated to the numerical model. Some contrast experiments of a heavy rainfall case, which occurred in the middle reaches of Yangtze River in August 2008, were performed to test and evaluate the impact of various Doppler radar data assimilation on the improvement of initial fields and model results. The preliminary results show that Doppler radar data assimilation can improve the heavy rainfall forecast. The 24 h accumulated precipitation and hourly precipitation are forecasted with better rainfall pattern and heavy rainfall center when radar data are assimilated into the model. Specifically, the assimilation of radar reflectivity can change initial moisture fields greatly, while assimilating radar radial velocity can bring more mesoscale information in initial wind fields. As a whole, the assimilation of reflectivity data results in a better forecast of precipitation pattern and heavy rainfall center than that of radial velocity although both can improve the numerical heavy rainfall forecast.

Key words: Doppler radar; Data assimilation; WRF model; Initial fields