

单多普勒天气雷达反演风场高原低纬区域同化应用

李华宏^{1,2} 曹杰² 王曼³ 胡娟¹ 闵颖¹

(1 云南省气象台,昆明 650034; 2 云南大学大气科学系,昆明 650091; 3 云南省气象科学研究所,昆明 650034)

摘要 为了改善低纬高原地区天气预报水平,利用 WRF(Weather Research and Forecasting)模式及其变分同化系统进行雷达 VAD (Velocity Azimuth Display)反演风场资料同化试验。通过设计不同的试验方案,对 2009 年 6 月 30 日 00:00 至 7 月 1 日 00:00 发生在云南的一次强降水过程进行数值模拟和对比分析,结果表明:同化 VAD 反演风场资料后对区域模式的风矢量初始场有明显影响。同化系统能把雷达反演风场信息有效地引入模式初始场,改善强降水区域的水汽输送和风场辐合强度;同化 VAD 反演风场资料后对区域模式累计降水预报有一定改进作用。从长时间累计降水量定量检验结果看,具体表现为 25 mm 以上量级的降水准确率明显提高、漏报率下降,预报偏差更趋合理。不同的同化试验方案之间的模拟结果差异较大。同化频率越高、同化持续时间越长,对区域模式初始场和预报场的影响越明显。但同化持续时间不宜过长,否则可能导致系统移速过快、降水强度偏大、空报率增加等异常。

关键词 雷达反演风场 变分同化 低纬高原 暴雨预报

引言

随着各种反演技术和同化系统的发展,雷达资料在数值模式中的同化应用已成为当前气象行业的研究热点之一。Xiao 等^[1-3]分别采用 MM5 模式、WRF 模式及其 3DVAR 系统进行了台风、暴雨等过程的雷达资料同化试验,结果表明雷达径向风资料对雨带的强度和范围预报有积极作用。万齐林^[4]基于回波强度恒定假设,通过 GRAPES-3Dvar 直接将多普勒天气雷达径向风速同化到 GRAPES 区域模式中。Zhao 等^[5-6]基于变分方法和美国海军海气耦合中尺度预报系统开展了雷达资料的同化应用试验,结果表明通过同化雷达径向风和反射率因子观测资料有助于提高风暴的短期预报水平。李华宏^[7]、李柏^[8]对 VAD 方法反演的雷达风廓线资料进行了同化试验。同化试验有助于数值模式的初始风场和降水预报场的改善。闵锦忠^[9]、杨毅等^[10-11]等应用 WRF 模式及其三维变分同化系统,对雷达径向风和 E-VAP 方法反演的水平风场进行了同化

对比试验。Zhang^[12]等还基于集合卡尔曼滤波同化方法和 WRF 模式进行了雷达资料的同化试验和研究。刘红亚^[13]等使用类似 WRF-3DVAR 中的同化技术,在 GRAPES 区域模式中初步实现了雷达资料的直接同化。雷达观测由于具有较高的时空分辨率并且与模式风场、湿度等基本量关系密切,是改善中尺度数值模式初始信息和精细化预报质量的重要途径。

云南地处低纬高原,海陆分布特殊、资料代表性差,观测资料信息时、空分辨率不足的劣势显得更为突出。另一方面,由于川滇切变线、西行台风低压等各类系统影响导致的暴雨、雷暴等灾害属于全国重灾区^[14-17]。对降水等要素的精细、定量预报需求与较差的观测信息基础、较低的预报能力形成了巨大的反差。因此,雷达等高时空分辨率观测资料在低纬高原上的定量应用具有更为重要的现实意义。李华宏^[18-19]等研究表明通过单多普勒天气雷达反演的风场资料可以较为精细地监测和分析大气垂直方向上水平风场的不连续性,能够更为详细地揭示低

<http://www.qxkj.net.cn> 气象科技

国家公益性行业(气象)科研专项经费项目(GYHY201206039)、中国气象局气象关键技术集成与应用面上项目(CMAGJ2014M44)、“云南省山洪地质灾害精细化气象预报预警业务系统研究”项目、云南省科技惠民计划项目(2013CA014)共同资助

作者简介:李华宏,男,1978年生,博士,主要从事中尺度数值模式应用研究,Email:lihuahong08@163.com

收稿日期:2013年10月30日;定稿日期:2014年5月30日

纬高原上强降水天气过程中关键天气系统的主要特征和演变过程。基于上述原因,本文利用 WRF 模式及其变分同化系统进行雷达反演风场资料同化对比试验,探索多普勒天气雷达观测资料在低纬高原地区的定量应用。

1 资料和数值试验方案

文中使用的雷达资料为昆明站(位置:102.58°E;25.05°N,天线海拔高度:2515 m)、文山站(位置:104.25°E;23.46°N,天线海拔高度:1790 m)、普洱站(位置:101.02°E,22.83°N,天线海拔高度:1926 m)的体积扫描观测资料。每个时次的体积扫描观测资料一般包括 9 个仰角观测。所使用的单多普勒天气雷达反演风场方法为 VAD(Velocity Azimuth Display)方法,具体技术细节与文献[18]中一致。由于雷达反演风场即为同化系统的基本分析量之一,不需要增加额外的同化算子和模块,只需要将反演风场资料处理成探空资料格式即可进入模式。本文还使用了云南省 125 个县级地面自动站降水观测资料和 NCEP 再分析资料,NCEP 再分析资料水平分辨率为 $1.0^{\circ} \times 1.0^{\circ}$,垂直层数为 26 层,时间分辨率 6 h。

数值试验时,使用的区域数值模式为 WRF 3.2.1 版本,区域设置为一重嵌套,区域中心为 25.5°N 、 103°E ,分辨率为 30 km,垂直方向分为 35 层。范围: $92.03^{\circ} \sim 113.78^{\circ}\text{E}$, $16.19^{\circ} \sim 34.56^{\circ}\text{N}$ 。模式物理参数化方案等的选取以前期开展的 WRF 模式在云南本地化研究^[20-21]为依据。具体设置如表 1 所示。

表 1 模式数值试验基本参数设置

项目	方案
区域	嵌套:一重;格距为:30 km 中心: 25.5°N 、 103°E ;格点数:61×61
垂直层数	35
积云参数化	Kain-Fritsch
边界层	YSU scheme
辐射	Dudhia 短波和 RRTM 长波
地面通量	isflux=1
微物理过程方案	WSM 6-class simple ice scheme

已有的研究^[7]表明雷达资料同化间隔和同化持续时间选择对预报结果有明显的影响。因此,根

据同化间隔和同化持续时间的不同,一共设计了 6 个试验方案(表 2)。同化试验尝试多个站点、多个时次的风廓线资料同化。数值试验时,由 NCEP/GFS 预报资料提供区域模式的背景场和边界条件。所有同化试验均采用相同的动力、物理过程选项和相同的积分步长,只是同化雷达资料的间隔和次数有区别。方案 1 为控制试验,即不同化任何资料,直接以背景场为初始场进行数值积分和预报。方案 2 只同化初始时刻一个时次的雷达反演风场资料,然后进行预报。方案 3~6 为多个时次同化试验,其中方案 3 和方案 4 为每 3 h 同化一次,分别同化 3 h 和 6 h。方案 5 和方案 6 为每 1 h 同化一次,分别同化 3 h 和 6 h。本文的方案设计考虑了 VAD 反演风具有类似探空观测资料的特性,以及所研究过程的影响系统为天气尺度,影响范围较大、持续时间较长等综合因素。由于雷达观测的频次为 6 min 一次,而本文的同化间隔相对较长,在同化试验时选取同化时刻最近的一次观测资料进入模式。所有同化试验方案均采用相同的资料处理方法。

表 2 数值试验方案

试验方案	同化频率/h	同化持续时间/h
1	无	无
2	同化初始时刻	0
3	3	3
4	3	6
5	1	3
6	1	6

2 试验个例天气情况

2009 年 6 月 30 日 00:00(世界时,下同)至 7 月 1 日 00:00,受 500 hPa 低槽和 700 hPa 切变线共同影响,云南中部及以西、以南地区出现了一次强降水过程。县级台站 24 h 小时累计降水观测到暴雨 12 站、大雨 37 站,大雨以上量级的降水主要分布在云南境内的文山州、红河州、玉溪市、昆明市南部、普洱市和西双版纳州一线(图 1a)。降水强度较大、区域分布广,强降水主要位于切变线及其南侧区域。对于这次强降水过程,WRF 业务模式及各种客观预报产品对切变线附近降水有一定反映,但降水区域和强度却出现了较大偏差,实况降水的强度和落区远远超出了预报的量级和区域。由于此次降水过程

中昆明、文山、普洱雷达覆盖区均出现了较强降水,因此尝试开展多站次的雷达反演风场资料同化试验,并分析同化过程对区域数值模式初始场和预报场的影响。

从环流形势看,此次降水的最主要的影响天气系统是 700 hPa 切变线。切变线的位置与强降水落区有较好的对应关系。随着切变线在云南境内自东北向西南移动,强降水落区也随之移动。从 2009 年 6 月 30 日 12:00 分析的 700 hPa 流场(图 1b)可以看出,在文山至大理一线有明显的风场切变,来自北

方的东北气流与来自孟加拉湾北部的偏西气流在切变线附近辐合。处于西太平洋副热带高压西北侧的偏西气流为降水提供稳定的水汽和不稳定能量,切变线附近的气流辐合为降水提供动力抬升条件。但是在云南与缅甸交界存在一弱高压脊,云南西部地区为脊前西北气流控制,对云南境内水汽的输送和西南部强降水的出现不利。另外,在强降水发生前,环流形势显示处于切变线后部的冷高压不是很强,切变线两侧高度场基本持平(图略),不利于切变线南下对云南造成全省性强降水。这些因素可能是区域数值模式降水量级预报偏小的原因。

从降水过程初期的 VAD 风廓线(图 2)可以看出:昆明站低层 700 hPa 风向由西南风转为偏东风,并逐渐向上扩展,表明昆明站低层有冷空气侵入,经历了一次切变线过境的过程。从中层至高层是一致的西北气流,深厚的西北气流源源不断地向南输送冷空气,有利于低层冷高压的发展,从而使切变线加强南下。文山站和普洱站则处于切变线南侧,低层为西偏南气流,随着时间推移偏南分量有增加的趋势;中层分别为西南和西北气流;高层为偏北或东北气流;两个站的水平风向均存在一定垂直切变,有利于低层的暖平流和水汽的输送。由于昆明站、文山站和普洱站在此次降水过程中分别处于主要影响系统切变线的南北侧,而且雷达站观测范围内都出现了强降水,是这次降水过程的关键参考站。因此,数值试验时将图 2 所示的昆明站、文山站和普洱站 VAD 风场资料按照表 2 中的试验方案进行同化试验对比分析。

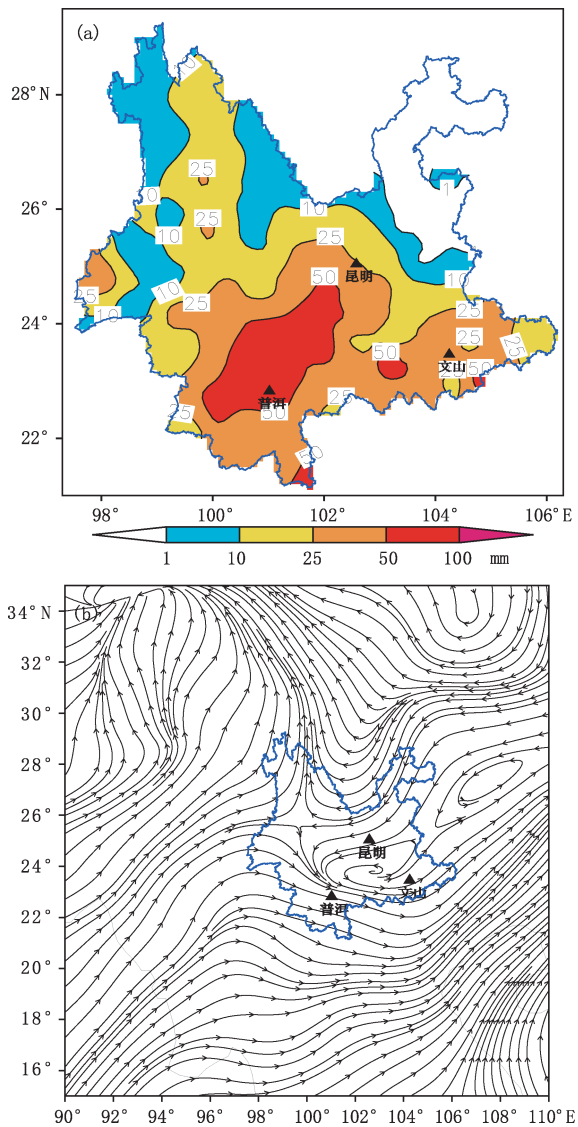


图 1 降水和流场实况:

(a)2009 年 6 月 30 日 00:00 至 7 月 1 日 00:00(世界时,下同)降水,(b)2009 年 6 月 30 日 12:00 NCEP 再分析 700 hPa 流场

3 数值试验结果分析

3.1 风场对比分析

同化雷达反演风场后主要影响模式初始场中的风矢量。图 3 给出了模式积分初始时刻(2009 年 6 月 30 日 00:00)700 hPa 再分析资料的风矢量场、同化雷达资料前后的风矢量场及其增量场空间分布。从 NECP 再分析资料的风矢量图(图 3a)上看,在云南西南部和缅甸交界处为一弱高压脊,云南西部处于高压脊前较强西北气流控制,这股气流在云南东部转为偏西风向。在云南东北部为明显东北气流控制,从西南方向输送的暖湿气流与东北方向南下的冷空气在云南境内的曲靖至丽江一线形成明显的西北东南向风场切变。方案 1(图 3b)和方案 2

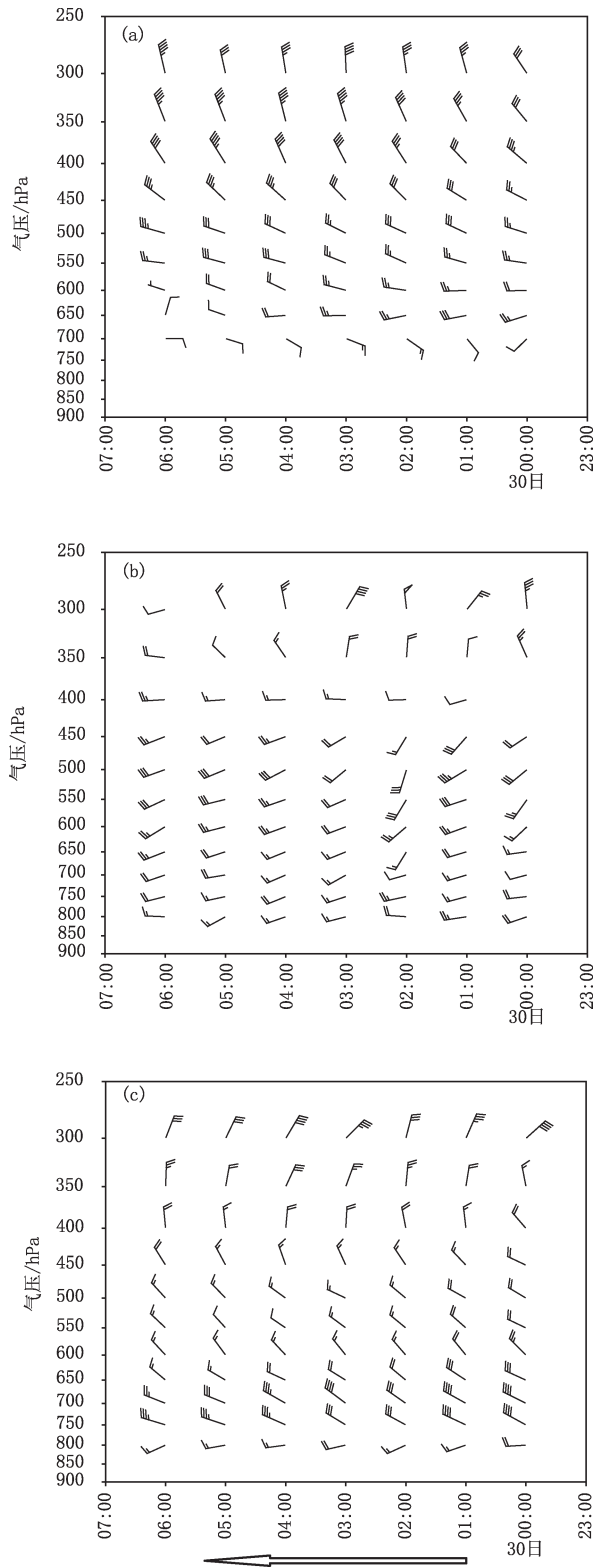


图2 2009年6月30日00:00—06:00 VAD风廓线:
(a)昆明雷达站,(b)文山雷达站,(c)普洱雷达站

(图3c)把700 hPa风场主要特征较好地模拟出来了。由于区域数值模式的空间分辨率优势,从方案1和方案2还可以清晰地看出切变线附近有明显的风向、风速辐合,昆明站此时处于切变线南侧。从两个方案之间的风矢量差值空间分布上看(图3d),同化雷达反演风场资料后在云南西部有明显的偏西风增量,其他区域风场增量不明显。对比同化雷达站附近的风场增量发现,主要是普洱站反演的VAD风场相对于模式背景场有西偏北风增量,昆明站和文山站反演的VAD风场与模式背景场之间的差异较小,风矢量增量不明显。与700 hPa不同,500 hPa上昆明站和文山站反演的VAD风相对于模式背景场有西偏南风增量,普洱站反演的VAD风与模式背景场之间的差异较小,风矢量增量不明显(图略)。总体而言,同化后的风场更有利于增强切变线西南侧的水汽输送和风速辐合。

图4给出了各数值试验方案模拟普洱站(101.02°E, 22.83°N)的风廓线随时间演变情况,对比分析各图发现:各方案均模拟出了风向随高度顺转、低层风速大于高层的变化特征。特别是在700 hPa附近普洱站一直为西偏北气流控制,说明普洱站在整个降水过程中一直处于700 hPa切变线南侧,各方案对切变线的位置模拟较为接近。同化雷达反演风场资料后各试验方案模拟的风廓线特征基本一致,但在风向和风速上有细微的差异。方案1模拟出了800 hPa附近层次风向发生扰动的过程,即开始为西偏北气流,06:00逐渐转为西偏南气流,12:00转为偏北气流。伴随风向扰动整层垂直风切变明显加大,中高层风向偏北分量加大,风速逐渐减小。方案2在低层的风向变化与方案1一致,但风速明显加大。随着雷达资料同化频次的增加,各方案模拟的风向大概在09:00由偏西风转偏北风,较方案1有所提前且风向变化过程较快。低层风速明显增加 $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右,高层风速也有所增加。

3.2 降水场对比分析

图5给出不同方案在2009年6月30日06:00至7月1日00:00期间累计降水模拟结果及实况。从实况图5a看,降水主要出现在云南中部以西、以南区域。除切变线附近的文山州、红河州、玉溪市一线降水较强外,切变线南侧的普洱市、西双版纳州也出现了累计降水量达25 mm以上的强降水,其中普洱东北部累计降水量达50 mm。对比分析各方案的

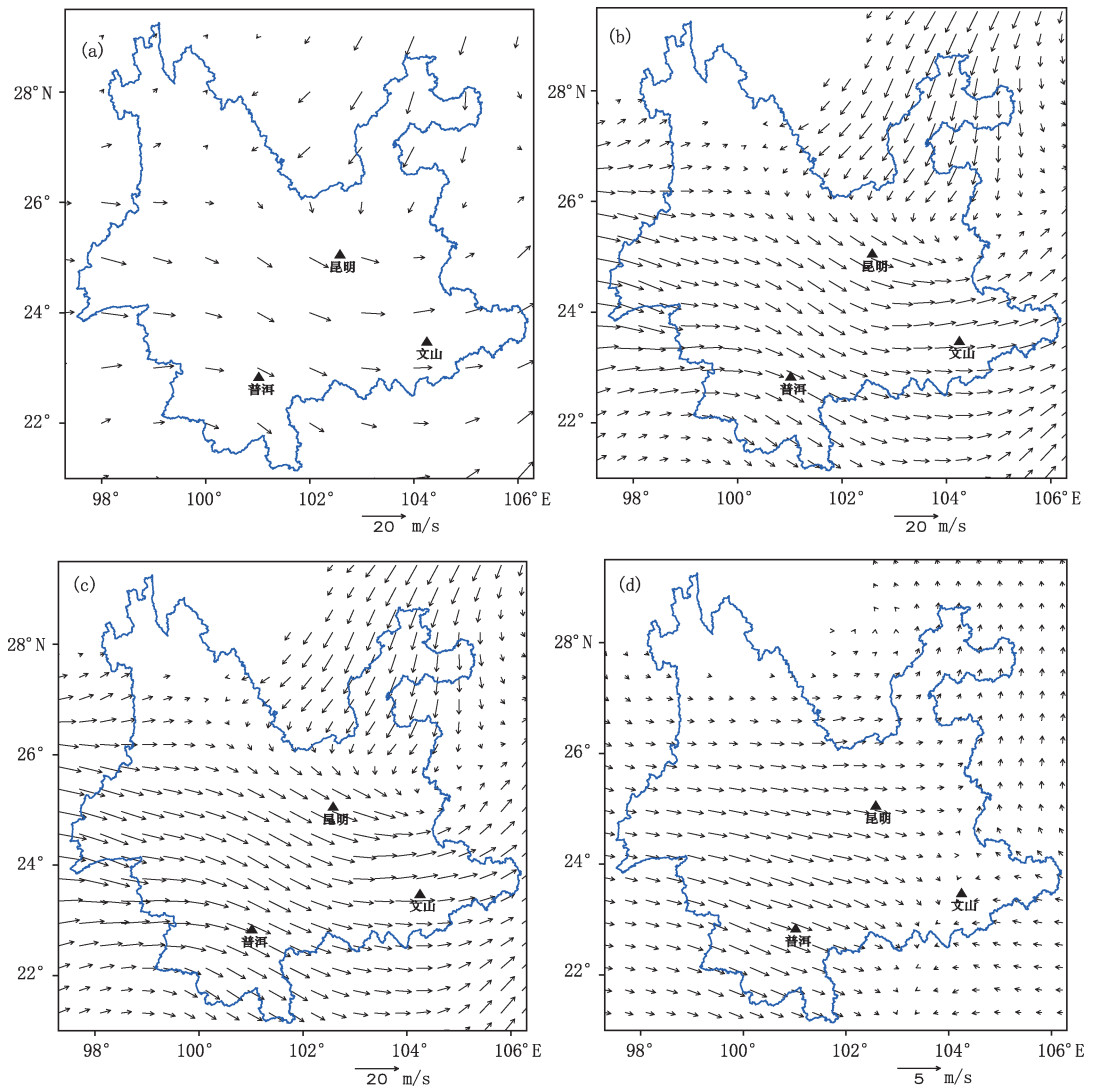


图 3 2009 年 6 月 30 日 00:00 700 hPa 风矢量:
(a)NCEP 再分析,(b)方案 1,(c)方案 2,(d)增量(方案 2—方案 1)

模拟结果发现:各数值试验都较好地反映了切变线影响下的降水特征。总体看,各试验方案对切变线南侧的降水预报偏弱,强降水雨区预报范围偏小。普洱市、西双版纳州附近的较强降水都存在一定的漏报。

对比分析同化雷达资料前后的累计降水量空间分布发现:同化雷达风场资料对降水偏小的改善还是有明显的积极作用。方案 1(图 5b)降水量级预报明显偏小,强降水范围偏小。同化雷达资料后的各方案在切变线附近的降水明显增强,10 mm 以上的区域明显增大,降水强度和落区与实况更为接近。特别是方案 5 对降水的增幅作用最为明显,在文山州南部、红河州、普洱市东部预报出了 25 mm 以上

的成片强降水落区(图 5f)。不足的是同化雷达资料后的各方案对普洱市东北部 50 mm 的降水中心仍普遍存在漏报,个别试验在红河州预报出 50 mm 的降水区域则存在一定的空报,例如方案 6(图 5g)。

为了定量地反映不同试验方案降水预报结果的差异,分析各方案的优劣。对 2009 年 6 月 30 日 06:00 至 7 月 1 日 00:00 期间累积降水量预报结果进行统计检验,检验区域为云南省范围。对比检验结果(表略)发现:方案 1 在 25 mm 以下两个量级的降水预报准确率还可以,但在 25.0~49.9 mm 和大于等于 50.0 mm 两个量级 TS 评分均为 0.00%,由于降水总体偏小,强降水的两个量级全部漏报。方案 2 的预报检验结果在 25 mm 以下两个量级比方

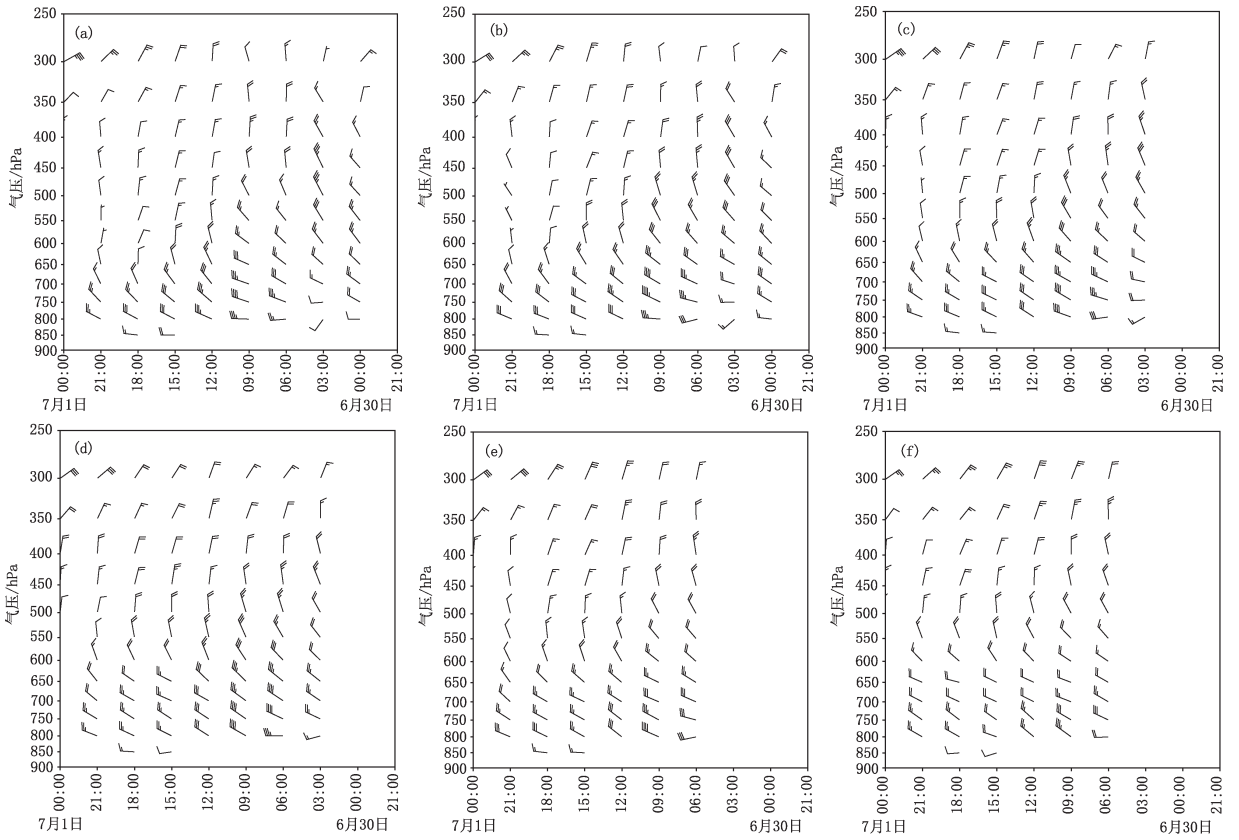


图 4 2009 年 6 月 30 日数值试验模拟的普洱站风廓线：
 (a)方案 1,(b)方案 2,(c)方案 3,(d)方案 4,(e)方案 5,(f)方案 6

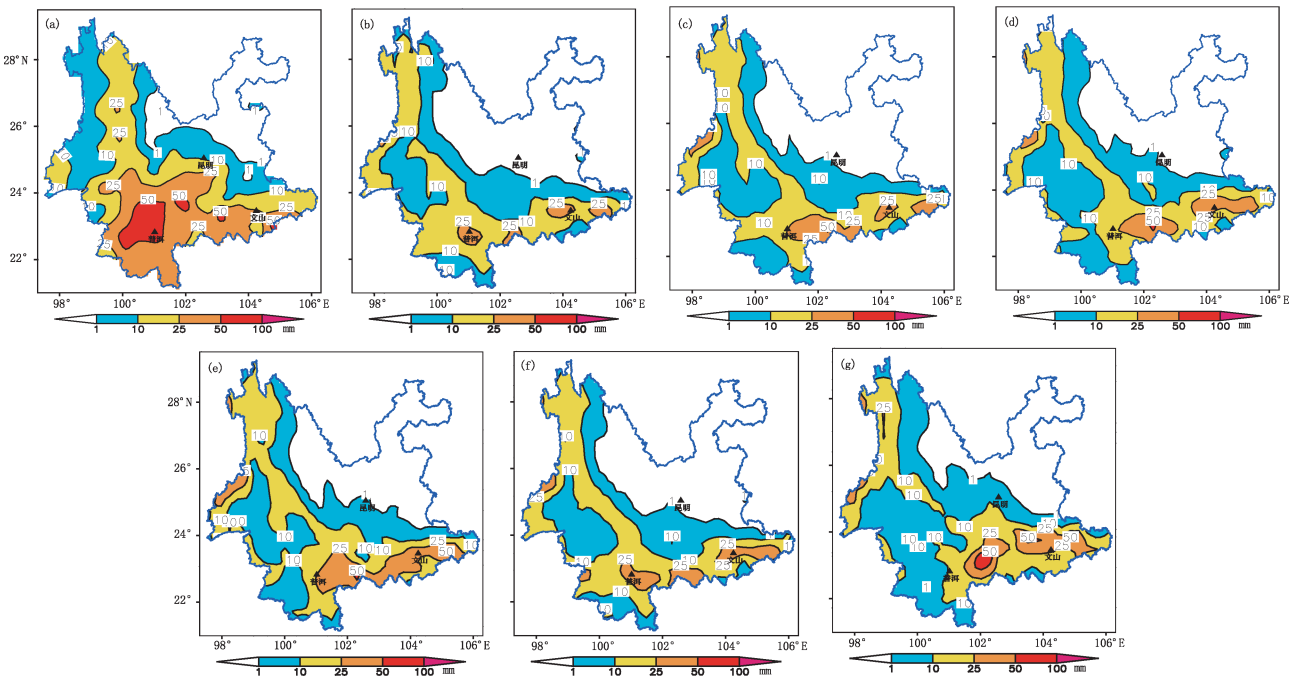


图 5 2009 年 6 月 30 日 06:00 至 7 月 1 日 00:00 降水：
 (a)实况,(b)方案 1 预报,(c)方案 2 预报,(d)方案 3 预报,(e)方案 4 预报,(f)方案 5 预报,(g)方案 6 预报

案 1 略低,但在 25.0~49.9 mm 有 5% 的准确率,在 10.0~24.9 mm 量级的预报偏差更趋合理。随着同化雷达风场资料频次的增加,方案 3、4、5、6 在 25.0~49.9 mm 都有较大的提高,方案 3 的准确率达到 28.57%,为所有方案中评分最高。另外,方案 5 在 50.0 mm 以下的 3 个量级的准确率相对方案 1 都有明显提高,预报偏差相对最为合理。综合而言,虽然各方案在较强降水量级的预报偏差都明显小于 1.00,仍存在一定程度的漏报。但同化雷达风场资料后,对降水的预报性能有较大改善,能明显提高强降水预报准确率。同化试验的频次和时间间隔对模拟结果有明显影响,在此次降水过程模拟试验中,方案 3 和方案 5 的预报性能相对较好。

本文的数值试验方案主要是反映雷达资料同化对降雨过程预报的改善作用,在实际业务中,预报人

员更看中雷达资料相对于已有常规观测资料的“增值”作用。因此按照相同技术方法,在同化探空、地面(记为方案 1*)的基础上对改善作用较为明显的方案 3 重新进行同化试验(记为方案 3*)。图 6 给出了 2009 年 6 月 30 日 06:00 至 7 月 1 日 00:00 期间两个方案的累计降水模拟结果,对比分析可以看出:同化常规资料后降水量预报有所增强,但对切变线南侧的降水预报依然偏弱,云南西南部的较强降水仍然存在一定的漏报。另外,在云南西部边缘出现了大雨空报现象。增加雷达资料同化后,累计降水量的空间分布总体维持了上述特征。但在西南、南部边缘附近 25 mm 以上的降水落区范围明显增大,雷达资料同化对此次过程强降水中心预报偏弱、范围偏小的改善作用依然存在。

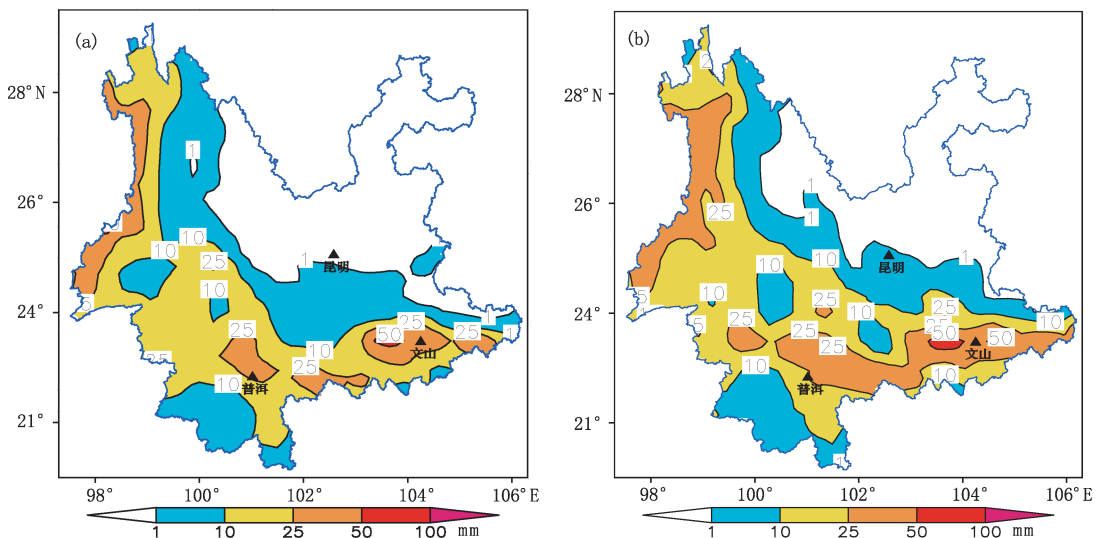


图 6 同化常规资料后 2009 年 6 月 30 日 06:00 至 7 月 1 日 00:00 降水预报:

(a)方案 1*,(b)方案 3*

4 结论与讨论

(1)同化雷达反演风场后,对区域模式的风矢量初始场有明显影响。同化系统能把雷达反演风场信息有效地引入模式初始场,按照同化模型进行增量空间分配。通过对降水过程的对比试验发现,同化雷达反演风场后有助于改善强降水区的水汽输送和风场辐合强度。

(2)同化雷达反演风场后,无论对短时、长时间降水预报结果都有改善。从长时间累计降水量定量检验结果看,具体表现为 25 mm 以上量级的降水准

准确率明显提高、漏报率下降,预报偏差更趋合理。

(3)同化频率越高、同化持续时间越长,对区域模式初始场和预报场的影响越明显。但同化持续过长可能导致系统移速过快、降水强度偏大、空报率增加等异常。本文的同化试验表明:同化持续时间为 3 h 的试验方案要好于同化持续时间为 6 h 的试验方案。在进行雷达反演风场时,同化持续时间不宜过长,并不是持续时间越长预报效果越好。

受反演方法限制,VAD 反演风场不能从三维空间上精细地揭示强降水过程关键性天气系统的结构。但是 VAD 反演风场类似于探空的特性及其可

靠性决定了其可以方便地同化进入区域数值预报模式。通过多个时次的同化可以发挥其高时间分辨率的优势,对增加模式初始场信息、改善定量降水预报有一定的潜力。在风场观测时空分辨率不足与强降水准确预报需求矛盾突出的低纬高原地区,同化雷达反演风场无疑是提高预报水平、加强防灾减灾能力的有效途径。但由于时间关系及本人科研能力限制,仍存在许多不足之处,需继续研究和改进。

(1)文中的数值模拟方案选取有一定的局限,同化试验也仅仅只是基于强降水天气个例的探索性研究,相关规律的总结和雷达资料在数值模式中的业务化还需要大批量的模拟试验。

(2)雷达径向速度资料只是雷达观测要素之一,目前的研究表明:雷达观测的另一个要素即基本反射率因子与数值模式中的相对湿度、位势高度等要素关系密切,接下来将针对共同同化雷达反演风场和基本反射率因子开展试验研究。

参考文献

- [1] Xiao Qingnong, Kuo Ying Hwa, Sun Juazhen, et al. Assimilation of doppler radar observations with a regional 3DVAR system: impact of doppler velocities on forecasts of a heavy rainfall Case [J]. *J Appl Meteor*, 2005, 44(6): 768-788.
- [2] Xiao Qingnong, Sun Juazhen, Lee Wenchau. Doppler radar data assimilation in KMA's operational forecasting [J]. *Bull Amer Meteor Soc*, 2008, 89(1): 39-43.
- [3] Xiao Qingnong, Zhang Xiaoyan, Davis C, et al. Experiments of hurricane initialization with airborne doppler radar data for the advanced research hurricane WRF (AHW) Model [J]. *Mon Wea Rev*, 2009, 137(9): 2758-2777.
- [4] 万齐林,薛纪善,庄世宇.多普勒雷达风场信息变分同化的试验研究[J].*气象学报*,2005,63(2):130-144.
- [5] Zhao Qingyun, Cook J, Xu Qin, et al. Harasti using radar wind observations to improve mesoscale numerical weather prediction [J]. *Wea Forecasting*, 2006, 21(4): 502-522.
- [6] Zhao Qingyun, Cook J, Xu Qin, et al. Improving short-term storm predictions by assimilating both radar radial-wind and reflectivity observations [J]. *Wea Forecasting*, 2008, 23(3): 373-391.
- [7] 李华宏,薛纪善,王曼,等.多普勒雷达风廓线的反演及变分同化试验[J].*应用气象学报*,2007,18(1):50-56.
- [8] 李柏,周玉淑,张沛源.新一代天气雷达资料在2003年江淮流域暴雨模拟中的初步应用:模拟降水和风场的对比[J].*大气科学*,2007,31(5):826-837.
- [9] 闵锦忠,彭霞云,赖安伟,等.反演同化和直接同化多普勒雷达径向风的对比试验[J].*南京气象学院学报*,2007,30(6):745-754.
- [10] 杨毅,邱崇践,龚建东,等.同化多普勒雷达风资料的两种方法比较[J].*高原气象*,2007,26(3):547-555.
- [11] Yang Yi, Qiu Chongjian, Gong Jiandong, et al. The WRF 3DVar system combined with physical initialization for assimilation of Doppler radar data [J]. *Acta Meteor Sinica*, 2009, 23(2): 129-139.
- [12] Zhang Fuqing, Weng Yonghui, Sippe J A, et al. Cloud-resolving hurricane initialization and prediction through assimilation of Doppler radar observations with an ensemble kalman filter [J]. *Mon Wea Rev*, 2009, 137(7): 2105-2125.
- [13] 刘红亚,薛纪善,顾建峰,等.三维变分同化雷达资料暴雨个例试验[J].*气象学报*,2010,68(6):779-789.
- [14] 李华宏,曹杰,杞明辉,等.云南2次川滇切变线强降水过程对比分析 [J].*云南大学学报:自然科学版*,2010,32(增刊2):205-212.
- [15] 殷娴,尹丽云,许迎杰,等.云南省雷灾特征分析及灾情评估 [J].*气象科技*,2013,41(1):184-190.
- [16] 陈艳,段旭,董文杰,等.云南不同气候带极端气温变化趋势 [J].*气象科技*,2013,41(1):126-130.
- [17] 林丹,王维佳,李惠晶.西南地区可降水量时空分布及变化特征[J].*气象科技*,2013,41(5):889-894.
- [18] 李华宏,曹杰,杞明辉,等.雷达风廓线反演在云南强降水预报中的应用[J].*高原气象*,2012,31(6):1739-1745.
- [19] 胡金磊,郭学良.基于雷达资料的云分析在冰雹云短时预报中的应用[J].*气象科技*,2013,41(4):682-689.
- [20] 段旭,王曼,陈新梅,等.中尺度 WRF 数值模式系统本地化业务试验[J].*气象*,2011,37(1):39-47.
- [21] 王曼,李华宏,段旭,等. WRF 模式三维变分中背景误差协方差估计 [J].*应用气象学报*,2011,22(4):482-492.

Assimilation of Retrieved Winds from Single Doppler Radar over Low-Latitude Plateau

Li Huahong^{1,2} Cao Jie² Wang Man³ Hu Juan¹ Min Ying¹

(1 Yunnan Meteorological Observatory, Kunming 650034; 2 Department of Atmospheric Science, Yunnan University, Kunming 650091; 3 Yunnan Institute of Meteorology, Kunming 650034)

Abstract: In order to improve the weather forecast quality over the low-latitude plateau regions, the wind data retrieved with VAD (Velocity Azimuth Display) method are assimilated to the WRF (Weather Research and Forecasting) model by WRF-3DVar (3-Dimensional Variational Data Assimilation System). With different assimilation schemes, a torrential rain event occurred in Yunnan Province from 00:00UTC 30 June 2009 to 00:00UTC 1 July 2009 is numerically simulated and comparatively analyzed. The results indicate that the initial wind fields of the WRF model are markedly improved by assimilating the retrieved wind data. The WRF-3DVar can availably introduce the information of the retrieved wind to the initial conditions of the regional numerical model. The assimilation of the retrieved wind data helps enhance the wind convergence and vapor transportation over the rainy area. Furthermore, the assimilation help improve quantitative precipitation forecasts. The quantitative test of the 18-hour rainfall forecast shows that forecasts are more accurate, less pretermissions, and more rational pertinence for over 25.0 mm precipitation in the assimilation experimentations. The higher the assimilation frequency and the longer the assimilation time is, the more obvious the influence of data assimilation on the initial fields and forecast fields of the regional model is. But long assimilation time may increase the speed of synoptic systems and the overestimate rainfall, and so the suitable selection of frequency and time is crucial in numerical experimentations.

Key words: radar-retrieved wind, variational assimilation, low-latitude plateau, heavy precipitation forecast