

高时间频率探测资料逐时同化与预报试验*

万齐林、黄燕燕、陈子通、丁伟钰、梁科、冯文、林振敏

(中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州, 510080)

摘 要

以中国数值预报研究中心为主开发的全球/区域同化预报系统(Grapes)为核心,建立起多级模式单向嵌套逐时同化分析与模式预报循环(The Cycle of Hourly assimilation and forecast, 简称“CHAF”)业务系统。通过逐时的变分同化,融合、吸纳非同步的、高时间密度的飞机探、卫星云导风等探测资料。试验表明:①CHAF 业务系统在多次循环过程中,没有显著带来虚假的误差,模式 SPIN—UP 时间短,能够稳定地准业务运行;②逐时飞机探测同化结果表明:加入飞机报进行同化的效果要优于未加入飞机报进行同化的分析结果,且对降水预报有所改善;③逐时云导风资料的同化结果表明:对流层高、低层初始风压场均比只同化一个时次云迹风资料的方案有明显的改善,尤其在高层,且对整个雨带、暴雨落区及雨强的模拟效果更好;④采用逐时同化分析与模式预报循环方案,提高高时间频率探测资料的利用率,总体上提高了分析质量和预报水平。。

关键词: 高时间频率探测资料, 逐时同化分析与模式预报循环, 数值模拟试验。

* “973”项目“我国南方暴雨的中尺度观测试验与研究”(2004CB418307)、中国气象局气象新技术推广项目“CINRAD 资料同化技术及其数值预报业务应用”(CMATG2005M18)和热带海洋气象研究基金共同资助。

Preliminary Tests on the Hourly Assimilation of High Frequent Observation and Forecast

WAN Qi-lin、HUANG Yan-yan、CHEN Zi-tong、DING Wei-yu、

LIANG Ke、FENG Wen、LIN Zheng-ming

Institute of the tropical and marine meteorology, CMA, Guangzhou

Abstract

The multi-model unitary-nesting Cycle of Hourly Assimilation and Forecast system is set up, based on the global/regional assimilation and forecast system-Grapes. It can import information of non-synchronous and high frequent observation data such as radar and satellite data by frequent assimilation. Furthermore, the CHAF system applies the technique of increment filter (IDFI) to remove the bogus information, as the high frequent assimilation may induce high perturbation to forecast system. Simultaneously, the method of producing initial condition through increment is designed to reduce initial aberrance. Experiment results showed that : ① The CHAF system did not arouse additional noisy oscillation evidently and took less time for model spin-up, and can run stably; ② The analysis and forecast can benefited from assimilating cloud-drift wind, AMDAR airline observation, etc.; ③ By means of the cycle of Hourly Assimilation and Forecast, more high frequent observation can be assimilated, and the analysis and forecast was improved.

高时间频率探测资料逐时同化与预报试验*

万齐林、黄燕燕、陈子通、丁伟钰、梁科、冯文、林振敏

(中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州, 510080)

1 引言

我国数值天气预报(NWP)业务系统与国外先进NWP业务系统的差距主要来源于所用探测资料的数量和能力严重不足,特别是卫星、雷达资料的应用能力缺乏,造成模式初值质量不高,影响了预报水平。正因为如此,现阶段区域数值天气预报业务系统建设必须重点关注探测资料的同化应用。由于NWP业务系统所要应用的资料源大多数是非同步的,例如,卫星、雷达等探测就不同于常规气象观测在几个给定的时间进行观测,同时,目前国内外广泛采用的三维变分资料同化技术,只是具有同化单时刻探测资料的能力,是不足以充分融合、吸纳目前的卫星、雷达探测信息的,直接影响同化分析场的质量。所以,开发高时间密度探测资料的多时刻信息同化技术,是区域数值天气预报业务系统建设的一个重要环节。本文介绍了基于Grapes系统,初步开发的高时空分辨率变分同化—模式预报循环分析系统(CHAF),可融合高频非同步的卫星、雷达等观测资料。

2 CHAF 系统简介

逐时循环同化预报系统主要用于提高高时间密度探测资料的多时刻信息同化能力,实现常规、雷达、自动站、卫星等多种资料的合理应用,为预报模式提供高质量的初值、为天气分析提供高质量格点场。

2.1 CHAF 系统结构

所设计的逐时循环同化预报系统以模式链为基础,进行高频循环滚动同化预报。

所开发的变分同化—模式预报循环系统整体构架结构如图1所示。其中,季风区模式水平范围为: 60° — 160° E、 10° S— 55° N,水平分辨 0.36° ,垂直分31层,每天00z和12z两次同化和预报,预报时效96小时,为其它各级模式提供大尺度环流背景,准业务运行;中尺度模式水平范围为: 105° — 130° E、 10° — 31° N,水平分辨 0.12° ,垂直分31层。每天00z—23z逐时同化,也可00z和12z两次同化,00z和12z两次预报,预报时效72小时,准业务运行。中尺度模式系统主要是为华南地区常规灾害性天气预报提供产品;精细模式水平分辨 0.01° — 0.03° ,试验运行。

* “973”项目“我国南方暴雨的中尺度观测试验与研究”(2004CB418307)、中国气象局气象新技术推广项目“CINRAD资料同化技术及其数值预报业务应用”(CMATG2005M18)和热带海洋气象研究基金共同资助。

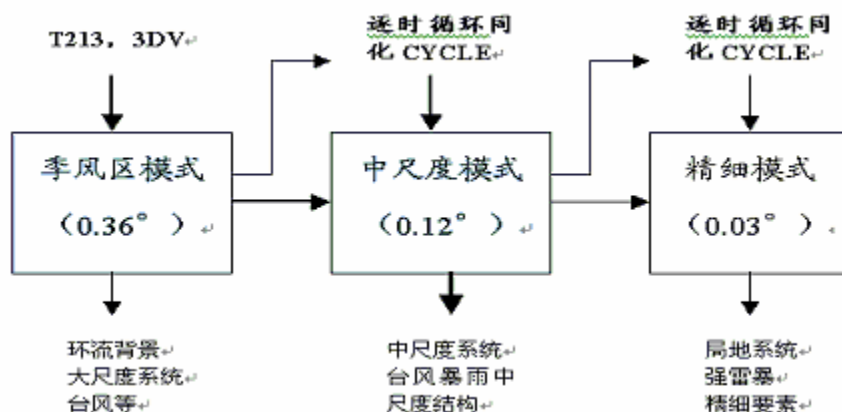
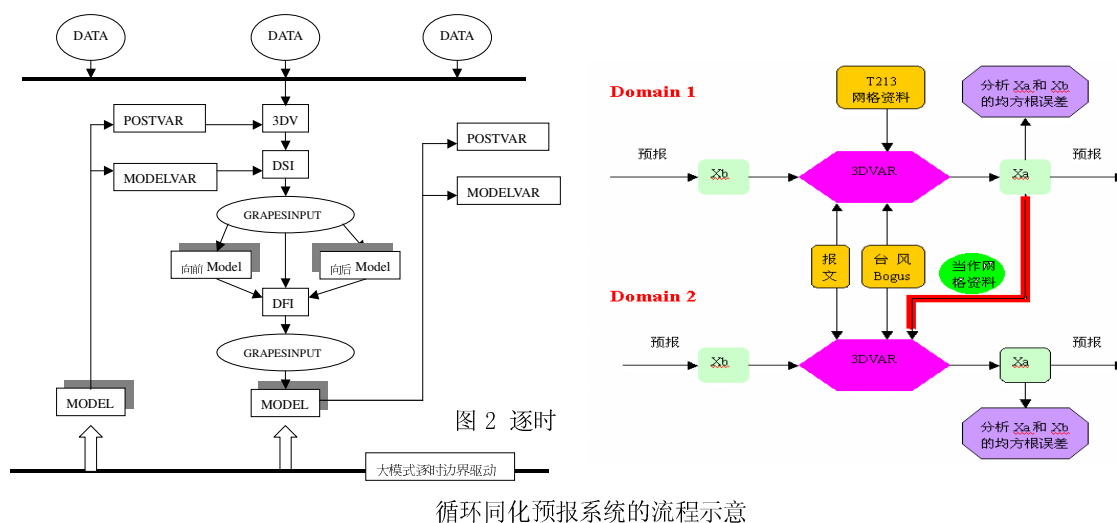


图 1 变分同化—模式预报循环系统多级模式链构架示意图

逐小时 CYCLE 流程如图 2 所示。各种观测资料通过 3DV 进入系统, 通过 3DV 分析得到一个相对于上一次模式一小时预报场 (POSTVAR) 的分析增量, 分析增量通过增量插值 (DSI) 的方法订正模式面上的预报场 (MODELVAR), 启动数字滤波器 (DFI, 本系统采用增量 DFI 的方法) 滤除虚假高频波, 然后启动模式预报一个小时, 再进入下一 CYCLE。



左: 初值处理流程; 右: 边界链接耦合流程

2.2 CHAF 系统基本性能

试运行表明,系统可以正确稳定地运行, CYCLE 逐时连续运转, 加入高时间密度的各种观测资料, 逐步实现同化预报场的改善。试验表明逐次观测资料加入, 确实可改善了模式的形势预报和降水预报。下面是一个有无 CYCLE 逐时同化分析的 12 小时预报对比分析。

选取了 2005 年 8 月 13 日 12 时 (世界时, 下同) 起报的一个 24 小时预报过程。这一次过程正好是台风“珊瑚”登陆广东后西北行并减弱的过程。从图 3 中可以看到: 采用逐时资料同化, 海面气压的预报要优于未采用逐时同化的方案, 主要表现在中心位置和高压形状的差异; 从图 4 可以看到: 对于降水预报, 采用逐时资料同化要优于未采用逐时同化的方案, 主要表现在降水中心

心位置更接近实况。

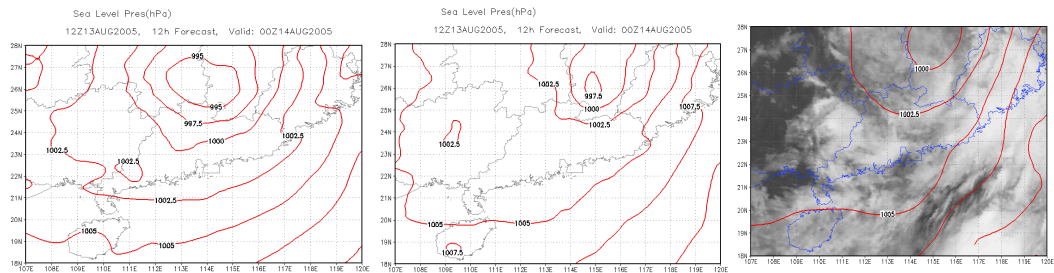


图 3 12 小时海平面气压预报

a (左): 无逐时同化; b (中): 逐时同化; c (右): 实况

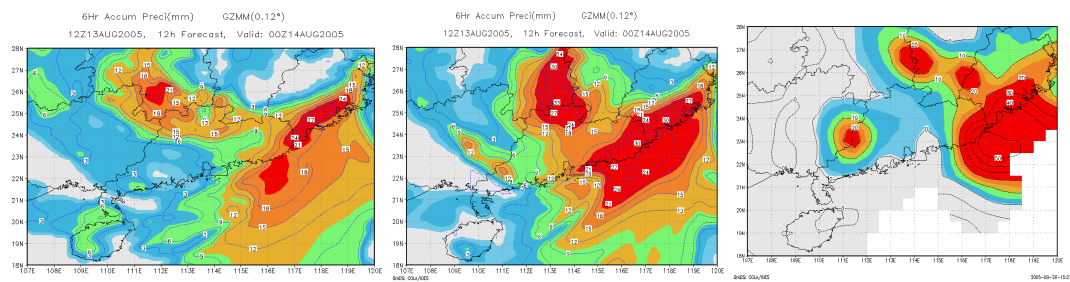


图 4 12 小时 6h 降水预报

a (左): 无逐时同化; b (中): 逐时同化; c (右): 实况

3 高时间频率飞机报的同化与应用试验

利用 CHAF 系统逐时同化飞机探测资料, 并以 2005 年 6 月 18—24 日华南地区的一次致灾暴雨过程进行了同化和预报试验。

3.1 高时间频率飞机报的基本特点

飞机报资料是商用飞机在飞行过程中观测到的气象资料。目前, 飞机报资料已经存在于每日的气象报文中。从报文格式资料解读出来的飞机报主要包含四个变量: 气压、风向、风速以及温度。选择有代表性的一个时段, 2005 年 6 月 18 日~6 月 20 日, 观察分析飞机报的资料分布, 发现飞机报遵循一定的时间和空间分布规律。从飞机报三维分布图(图 5)上看, 飞机的飞行高度多在 400—200hPa 之间, 测到低空的资料多在起飞和降落的时间内, 因此低空的资料的观测时间及位置比较集中且资料数不多。其次, 由于商用飞机的飞行时间不同的影响, 导致飞机报资料在白天(即世界时 00 时~12 时)的资料要多于夜间(即世界时 13 时~次日 00 时), 因此飞机报资料并非是随时间线性均匀分布的, 而是多集中于白天时段(图 6)。另外, 飞机报在陆地的报文多于海上的报文, 多集中于几条主要的航线内(图 7)。飞机报在白天的资料数比夜间明显增多, 因此不同时间段的同化出来的效果也有差异, 并且有可能对不同的区域的同化作用会有所区别。

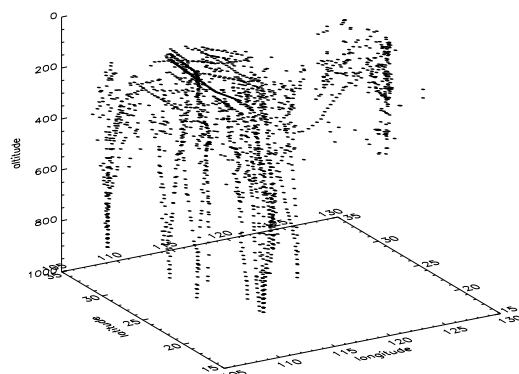


图 5 6 月 18 日 04—06 时飞机报三维分布

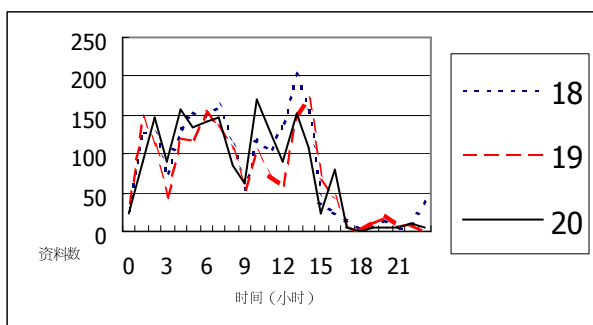


图5 6月18—20日飞机报资料时间分布

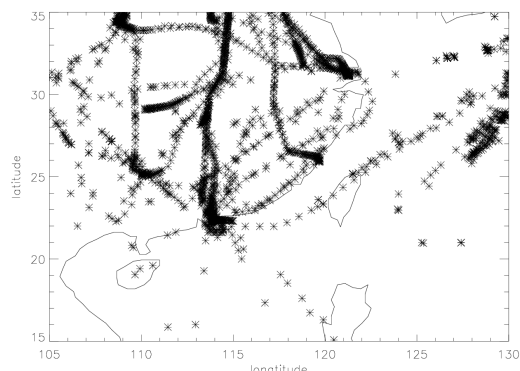


图6 6月18日飞机报分布投影图

3.2 高时间频率飞机报同化对预报的影响

根据6月18日12时UTC~19日00时UTC 12小时的降水预报（图7a、b）与实况（图7d）的对比，是否同化飞机探测资料都能够模拟出明显的雨带，对整个降水的形势模拟效果不错。未逐时同化飞机探测资料的降水预报与实况相比，能够基本模拟出华南的雨带的基本分布，并且对华南北部及广西东北部的12小时强降雨也有一定的反映，但是模拟的降水强度小于实际降雨量，且空报了贵州的降水，这可能是由于模式关于该地区的中尺度信息较少，导致系统有所偏移，进一步影响了降水区域预报的准确性。而相对来说，逐时同化飞机探测资料减少了在贵州省的空报，并且在福建北部、江西东部以及浙江西南部的强降水带上，比未同化飞机探测资料的模拟结果强度和范围有所增加，但是湖南的降水则预报稍大。总体情况来看，同化飞机探测资料比未同化飞机探测资料在降水的模拟上更加接近实况。而24小时的降水预报中，同化飞机探测资料预报的雨带位置要比实况偏北，而未同化飞机探测资料的结果则比同化飞机探测资料要稍好；但是，同化飞机探测资料能够减少未同化飞机探测资料在贵州地区的空报情况。另外，分析同化飞机探测资料与未同化飞机探测资料的差值情况，可以看到，同化飞机探测资料对江西中部的雨带还是有一定的预报能力，但是位置稍微有所偏北。而同化飞机探测资料预报的江西北部的雨带，可能是与预报结果中低空850hPa正涡度中心带出现在江西北部有关。

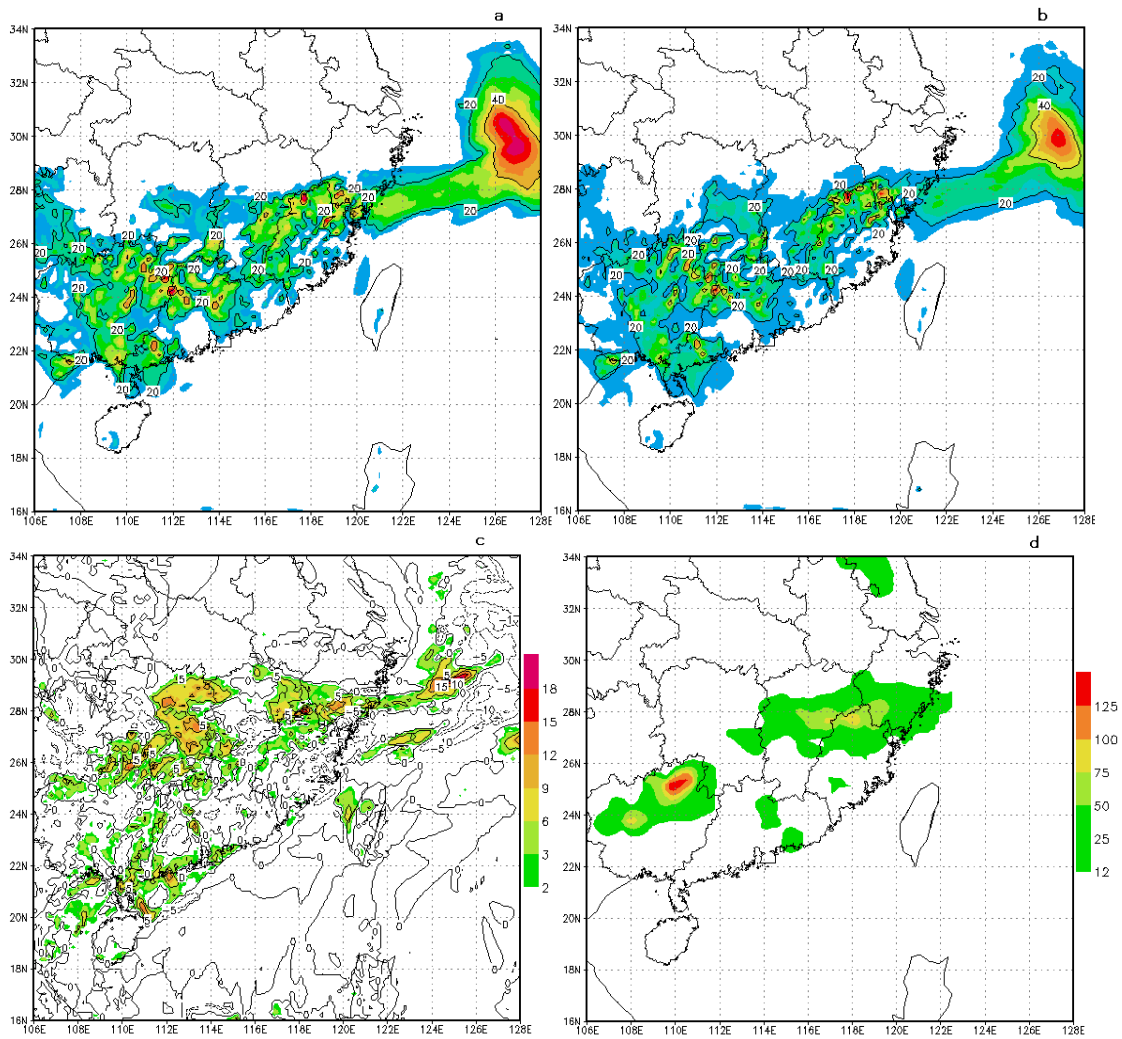


图7 6月18日1200UTC—19日0000UTC降水预报

(a) 试验1、(b) 试验2、(c) 差值图(试验2—试验1)及(d)降水实况

4 高时间频率卫星云导风同化对预报的影响

利用 CHAF 系统逐时同化卫星云导风资料,并以 2005 年 7 月 11-12 日降水过程进行了同化和预报试验。

4.1 高时间频率卫星云导风资料的基本特点

所采用的是 FY-2C 静止气象卫星 2005 年 7 月 11-13 日半小时一次的水汽和红外通道加密云迹风资料。它是 6 月底至 7 月底的汛期之间,进行的 2 次加密观测,分别为,6 月 27 日-7 月 6 日,7 月 11 -31 日,由于 7 月 11-13 日的降水过程相对比较明显,故选取 7 月 11-12 日的加密云迹风资料进行试验。

云迹风资料在高低各层的分布很不均匀,水汽通道的云迹风资料在 500hpa 以上才有,在 400—200 最多,红外通道云迹风资料高低层都有,在 300—200hpa 最多。图 8 为经过质量控制后 7 月 11 日 01UTC,05UTC,09UTC,12UTC 的 175hpa—225hp 高度内云迹风风矢分布情况。由图 8 可以明显看到,7 月 11 日 00UTC—12UTC 的 200hpa 云迹风风场在 28 度以北地区有一个由西南风

向偏西风调整过程，这是由于东亚高空槽在 11 日开始减弱北收，南亚高压加强，风场的调整造成的，由此也可以证明云迹风在大环流背景上可以表征实况的演变。

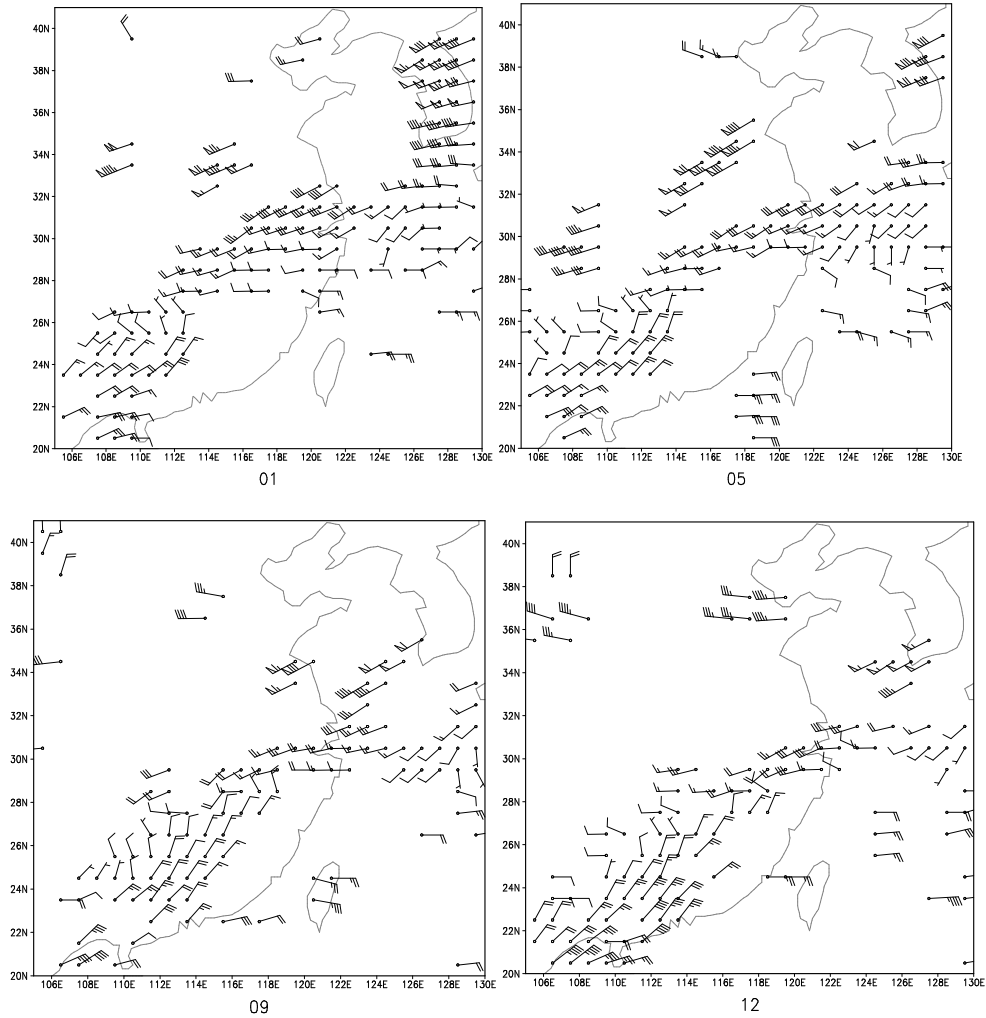


图 8 200hpa 云迹风风矢分布（2005-07-11 00：00—12：00UTC）

4.2 高时间频率卫星云导风资料同化对初始场的影响

同化高时间频率卫星云导风资料对对流层风压场的改善也相当明显，从 500hpa 高度场的分布上看（图 9a, b, c, d），未同化云导风资料对副高的模拟偏强，副高北侧的偏西风风速过大，反观同化云导风资料，整个风压场均较接近实况，未同化云导风资料合理很多，特别是副高脊线的位置，未同化云导风资料偏北，同化云导风资料有明显改善。

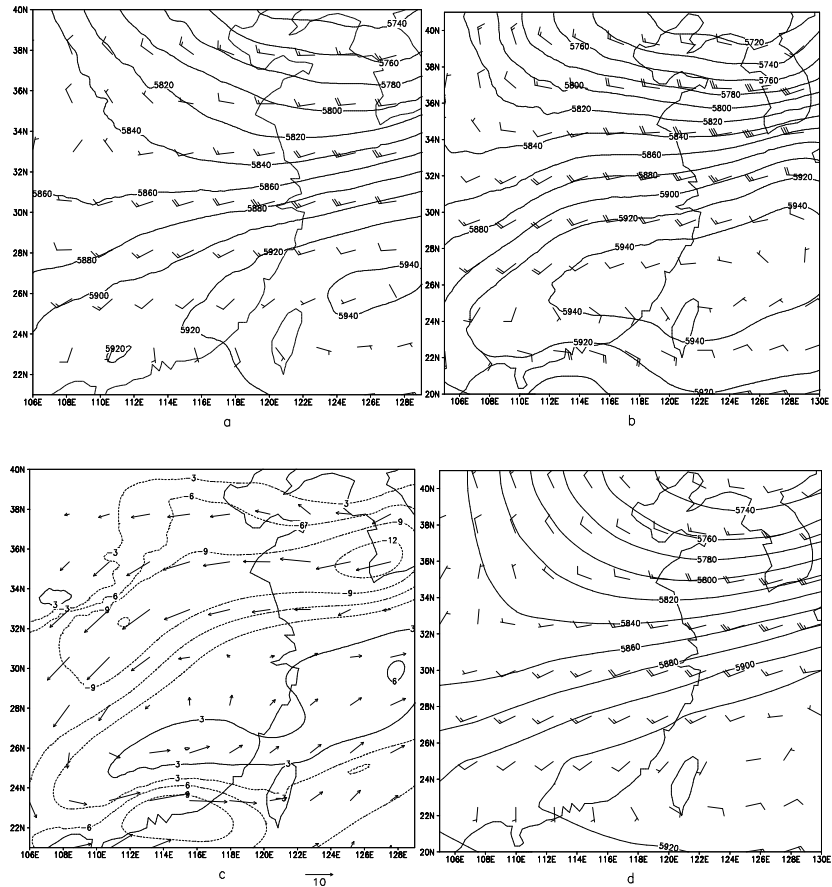


图9 同化后得出的500hpa初始风场、高度场及实况(2005-7-11 12:00UCT)

a. 方案1 b. 方案2 c. 风场差值(a-b)(单位:m/s) d. NCEP实况

4.3 高时间频率卫星云导风资料同化对预报的影响

根据7月11日12时UTC—12日12时UTC 24小时的降水预报(图10a、b)与实况(图10d)的对比,两个方案的预报试验都能够模拟出明显的雨带,对整个降水的形势模拟效果不错。但,是否同化高时间频率卫星云导风资料的差别还是相当明显(图10c),其中未同化云导风资料的所模拟的雨带位置明显偏北,这与该方案同化得出的初始场中,该地区副高西侧的对流层中低层偏南风场分析偏强有关,而未同化云导风资料的雨带位置相对比较接近实况。对于实况中皖南地区的暴雨,同化云导风资料的预报结果无论在量级还是暴雨中心位置,都比未同化云导风资料更接近实况,且对于实况场中位于江西中部地区的第二个降水中心,同化云导风资料的预报结果虽略为偏北,但对整个中心有很好的描述,而未同化云导风资料的模拟结果基本漏报。

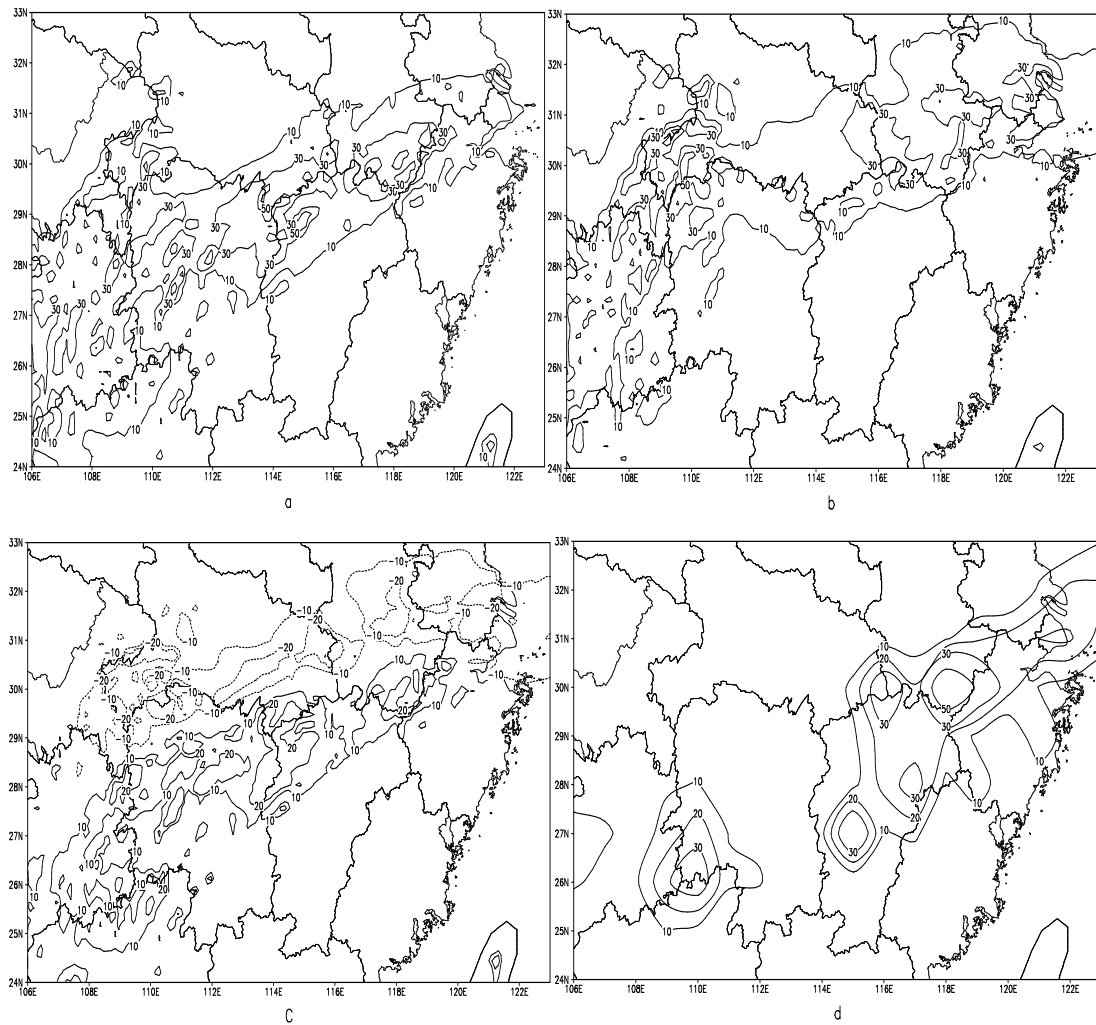


图 10 24 小时降水预报及实况 (2005-7-11 12:00UTC—2005-7-12 12:00UTC) (单位: mm/s)

a. 方案 1 b. 方案 2 c. 差值 (a-b) d. 实况

5 结语

通过一系列的数值模拟试验表明:

- (1) 逐时变分同化—模式预报循环 (CHAF) 系统能够系统稳定和有效运行。
- (2) 逐时同化飞机报、云导风资料的预报效果要优于未同化的结果。
- (3) 采用逐时变分同化—模式预报循环是一个充分利用探测信息, 提高分析和预报质量的一个可行技术方案。

参考文献 (略)