

不同初始场条件对 GRAPES 模式数值预报的影响^{*1}

朱红芳¹ 王东勇¹ 管兆勇² 刘勇¹ 傅云飞³

1 安徽省气象台,合肥,230031

2 南京信息工程大学,南京,210044

3 中国科学技术大学,合肥,230026

摘 要

利用中国新一代数值预报模式 GRAPES(Global/Regional Assimilation and Prediction Enhanced System),分别使用 T213 L31 及 NCEP FNL 6 h 间隔的资料作为初始和边界条件,对 2005 年 7 月 9—10 日淮河流域一次致洪暴雨过程进行了个例试验,初步探讨了 GRAPES 模式的数值预报产品对不同初始场的敏感程度,以及三维变分同化对数值预报结果的可能影响。结果表明,T213 和 NCEP 初始场中存在着差异较大的次天气尺度特征,并由此造成了此后 GRAPES 模式预报场的差异,且此差异不会随时间消失;同化对 GRAPES 模式积分结果的影响主要表现在最初的 24 h 内;模式对此次致洪暴雨过程的暴雨区分布、强度均有一定的模拟能力,但模拟的强暴雨区与实况仍存在着较大差异。由此可知,GRAPES 模式的数值预报能力对不同的初始场和侧边界条件存在不同程度的依赖性,初始场的差异决定了模拟结果的差异。

关键词: GRAPES, T213 L31, NCEP, 初始场, 三维变分同化。

1 引 言

数值天气预报是利用基于大气动力学方程组及其相应的数值计算方法和物理参数化方案建立起来的数值模式,以给定的某时刻大气状态(即初值)为起点,来预报未来某个时刻的大气运动状况。因此,数值天气预报也就成为一种典型的初值问题,初始场能否正确地反映真实大气运动、能否与数值模式很好地匹配和协调(即初值质量的好坏),直接影响到模式的预报结果^[1-4],初始场的微小差别都可能导致截然不同的模式预报结果^[5-8]。

GRAPES 全球/区域同化预报模式是由中国自主研发的新一代数值预报模式^[9-11],它填补了中国数值预报领域的数项技术空白,使中国在气象资料的同化与数值预报的模式发展技术方面逐步接近国际先进水平。目前已有学者就此模式进行了大量的研究^[12-17],但初值对 GRAPES 模式的影响尚不

尽,如模式对初始场的记忆程度,初值与模式的适应情况等,论述不多。为此,本文分别利用 T213 L31 及 NCEP(National Centers for Environmental Prediction) FNL(Final Analyses)资料作为初始背景场和侧边界条件,进行了个例试验研究,以了解 GRAPES 区域模式对初始场的敏感程度。

2 模式与初值简介

本文使用的是 GRAPES 模式 2.1 版本,模式试验采用非静力方案,微物理过程采用 NCEP 3-class 简单冰相方案,积云参数化采用 Kain-Fritsch (new Eta)方案。模式的计算区域为:25°—43°N、108°—126°E,水平分辨率为 0.1125°,东西和南北方向均取 164 个格点,初始背景场可加入实时常规地面、探空观测资料做一次三维变分同化,最终输出 48 h 内半小时间隔的温、压、湿、风场和雨量的格点场预报。

* 初稿时间:2006 年 4 月 25 日;修改稿时间:2006 年 12 月 25 日。

资助课题:安徽省气象局科技带头人项目资金(0504)、安徽省气象局面上项目资金(0601)、国家重点基础研究专项经费(2004CB418304)。

作者简介:朱红芳,主要从事数值预报产品解释应用研究。E-mail:xmzhfnew@sina.com

本文使用了两种初值来试验其对 GRAPES 模式预报能力的影响。第 1 种初始背景场资料是 T213 L31 预报场,它是国家气象中心业务运行的第 4 代全球中期数值天气预报系统,其水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$,时间间隔为 6 h,垂直方向共 13 层(1000、925、850、700、500、400、300、250、200、150、100、70、50 hPa)。T213 L31 全球模式采用半拉格朗日平流积分方案,同化系统采用了最优插值(OI)分析方案^[18]。

文中使用的第 2 种初值为美国国家环境预报中心 NCEP FNL 格点资料,它是全球模式 T254L64 的输出结果,水平分辨率是 $1^\circ \times 1^\circ$,时间间隔为 6 h,采用三维变分法作为资料同化方法。NCEP FNL 资料提供了 1000—10 hPa 26 层的各层等压面上的高度场、温度场、风场、湿度场、海平面气压和地表温度等要素。为了便于比较,本文取 NCEP 资料中与 T213 资料相同层次的各要素场作为初值和侧边界条件。

试验个例是 2005 年 7 月 9—10 日的淮河流域中南部暴雨过程。这是一次具有影响的典型暴雨过程,它曾导致淮河王家坝超过保证水位。本文选取 2005 年 7 月 9 日 08 时的 T213 L31 及 NCEP FNL 资料作为背景场,输出 48 h 内半小时间隔的温、压、湿、风场和雨量的格点场预报。共作了 t213do、

ncepdo、t213no、ncepno 4 种对比模拟试验:

(1) t213do: T213 L31 资料作为初值和侧边界条件,加入 9 日 08 时常规地面、探空观测资料做一次三维变分,侧边界条件使用 T213 的预报场每 6 h 更新 1 次;

(2) ncepdo: NCEP FNL 资料作为初值和侧边界条件,加入 9 日 08 时常规地面、探空观测资料做一次三维变分,侧边界条件每 6 h 更新 1 次;

(3) t213no: T213 L31 资料作为初始场和侧边界条件,初始场未作同化,侧边界条件使用 T213 的预报场每 6 h 更新 1 次;

(4) ncepno: NCEP FNL 资料作为初始场和侧边界条件,初始场未作同化,侧边界条件每 6 h 更新 1 次。

图 1 为这次致洪暴雨过程 850 hPa、500 hPa 等压面形势分布(由实时高空观测资料给出)。由图可见 7 月 9—11 日西太平洋副热带高压势力较强, 120°E 脊线稳定位于 21°N 附近,内蒙古东部到东北受高空冷涡控制,同时 10 日 08 时 850 hPa 上四川东部经淮河流域伸向山东半岛为江淮切变线,低涡中心位于苏皖北部。受江淮切变线影响,9 日 08 时—11 日 08 时湖北到淮河流域为一雨带,48 h 累计强降水中心位于河南南部到安徽西北部,其中信阳 276 mm,新蔡 274 mm,太和 254 mm(图 2)。

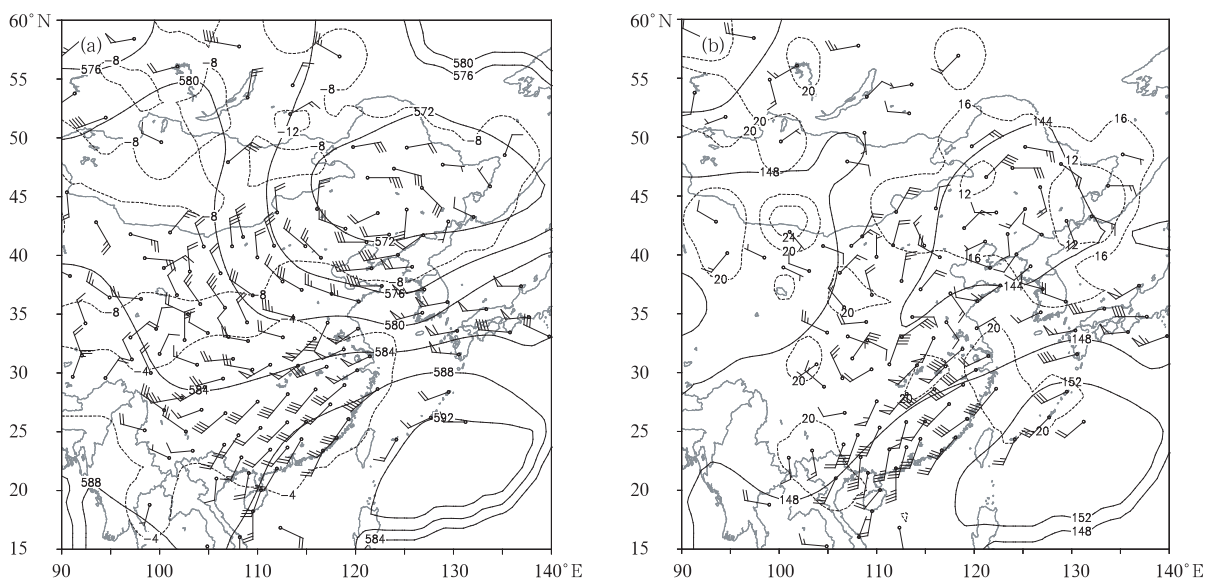


图 1 2005 年 7 月 10 日 08 时 500 hPa (a) 和 850 hPa (b) 形势场

Fig. 1 500 hPa (a) and 850 hPa (b) circulation situations at 08:00 BST 10 July 2005

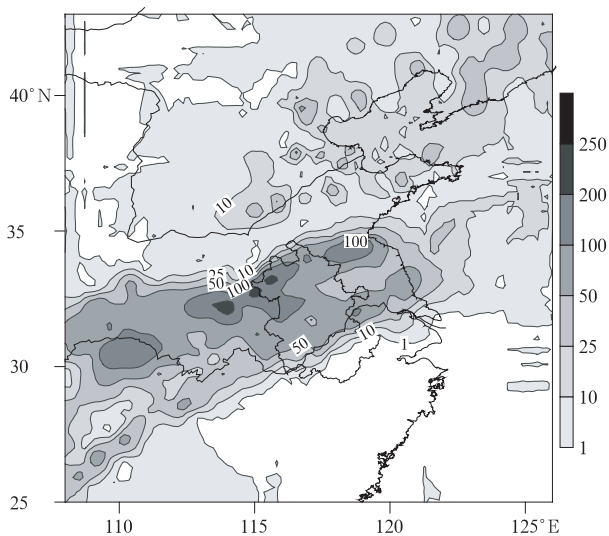


图2 2005年7月9日08时—11日08时累计雨量(mm)
Fig. 2 Accumulative rainfall from 08:00 BST
9 to 08:00 BST 11 July 2005

3 结果

3.1 不同初始场和 GRAPES 模式预报结果之间的差异

3.1.1 不同初始场之间的差异

本文使用了 T213 和 NCEP 两种初值来试验其对 GRAPES 模式的影响,首先我们对这两种初值进

行了比较分析,以了解它们之间的差异。文中使用

了相关系数 $r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$ 来检

验 T213 与 NCEP 初始场的相似程度,式中 x_i, y_i 分别为 T213、NCEP 资料初始场中各格点的值, \bar{x}, \bar{y} 分别表示其场中所有格点的平均值。相关系数 r_{xy} 越大,表示 T213 与 NCEP 初始场相似程度越大。由 T213 与 NCEP 初始场中各层高度场与温度场的相关系数(图 3a)可见,T213 与 NCEP 初始场相似程度比较高,相关系数均超过 0.9,但还是有差异存在。

为进一步了解 T213、NCEP 初始场之间的差异,我们首先对初始场资料进行尺度分离。采用 9 点平滑滤波方法^[19-21]获得 T213 和 NCEP 的大尺度平均运动初始场,9 点平滑公式中的平滑系数取 0.5,平滑次数取 3 次;然后,用原始场减去大尺度平均运动初始场得到初始场的中小尺度运动的扰动场。在此基础上,我们分别计算了两种初始场之间的大尺度平均运动场和扰动场的相关系数。分析 T213 与 NCEP 初始场中各层高度场、温度场的大尺度场和扰动场的相关系数(图 3)可知,T213 与 NCEP 初始场中各层的高度场、温度场的大尺度平均运动场之间相关系数较原始初始场的相关系数有

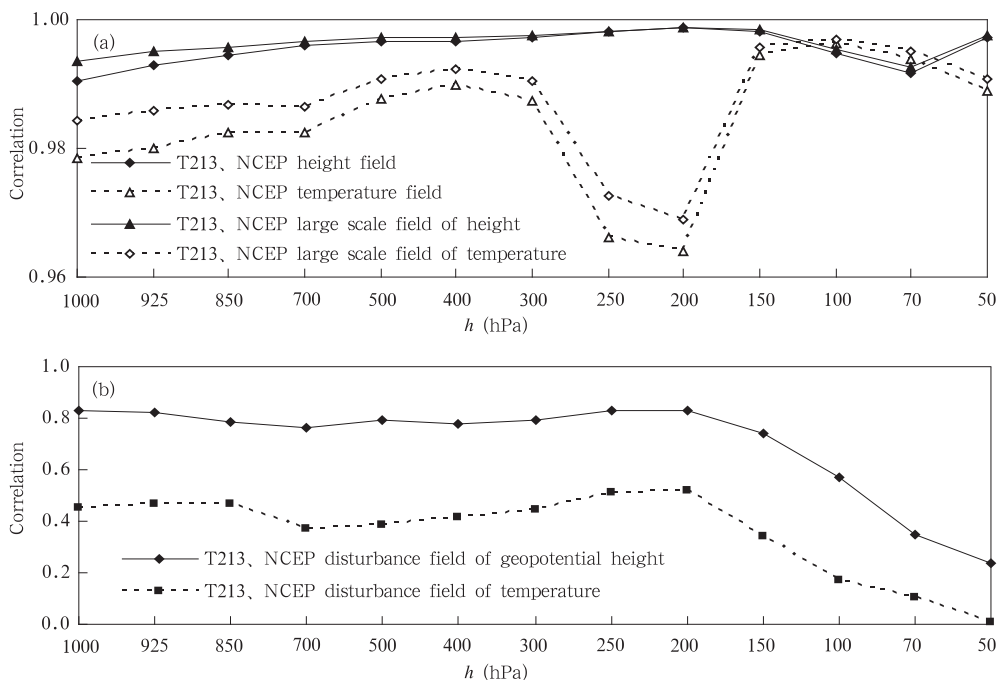


图3 T213、NCEP 各层高度场(实线)、温度场(虚线)的初始场、大尺度场(a)和扰动场(b)的相关系数
Fig. 3 Correlation coefficients of the initial fields, large scale fields and disturbance fields of
geopotential heights as well as temperatures at various levels between T213 and NCEP data

所提高(图 3a), 尤其高度场已非常接近 1, 这说明 T213 与 NCEP 初始场中大的环流形势很相似。而 T213 与 NCEP 初始场的扰动场之间的相关系数较小(图 3b), 200 hPa 以下高度场扰动场的相关系数约为 0.8, 200 hPa 以上逐层相关系数依次减小; 温度场扰动场的相关系数均低于 0.5, 这说明 T213 与 NCEP 初始场的扰动场之间的差异较大, 即扰动场中显示出的次天气尺度特征差异较大, 尤其在 200 hPa 以上的层次表现极其明显。

对 T213 和 NCEP 的 7 月 9 日 08 时 u, v 风场的尺度分离结果表明(图略), 扰动风场可以很好地表现次天气尺度涡旋运动, 而原始初始场中难以表现出这种次天气尺度涡旋运动。同时由图可知: T213 和 NCEP 所描述的大尺度流场差异不大, 但其次天气尺度流场则存在较大的差异, 具体表现在扰动场中的强辐合中心个数、位置和强度均存在差异。

通过以上分析可知, T213 和 NCEP 初始场中存在着差异较大的次天气尺度运动, 他们很可能是影响 GRAPES 模式预报能力的原因之一。

3.1.2 不同模式预报产品之间的差异

在分析了 T213 与 NCEP 初始场的差异后, 再对试验 t213do、ncepdo 的模拟结果中每 0.5 h 一次 850 hPa 高度场和风场的变化进行分析, 可知他们的总体预报趋势是相似的, 但存在细节差异: 试验 t213do 中 850 hPa 高度场初始时刻在东北南部为 140 dagpm 的冷涡中心, 9 日 14 时在四川东部生成 140 dagpm 的低涡, 10 日 08 时起四川东部经淮河流域伸向山东半岛维持一切变线, 其南侧的西南风普遍大于 20 m/s。而试验 ncepdo 中 850 hPa 高度场初始时刻在东北南部亦有 140 dagpm 的冷涡中心, 但在其较偏南的位置(黄海)还有一小的冷涡中心, 9 日 14 时在四川东部到湖北西部生成 142 dagpm 的低涡中心, 10 日 08 时起自四川东部经淮河流域伸向山东半岛为弱的切变线, 且要比 t213do 的切变线位置偏南, 同时其南侧的西南风也偏弱, 约为 16 m/s。图 4 是 11 日 08 时的 850 hPa 高度场(其余各时次的图略), 他们大的环流形势基本一致, 但冷涡的中心强度不同。

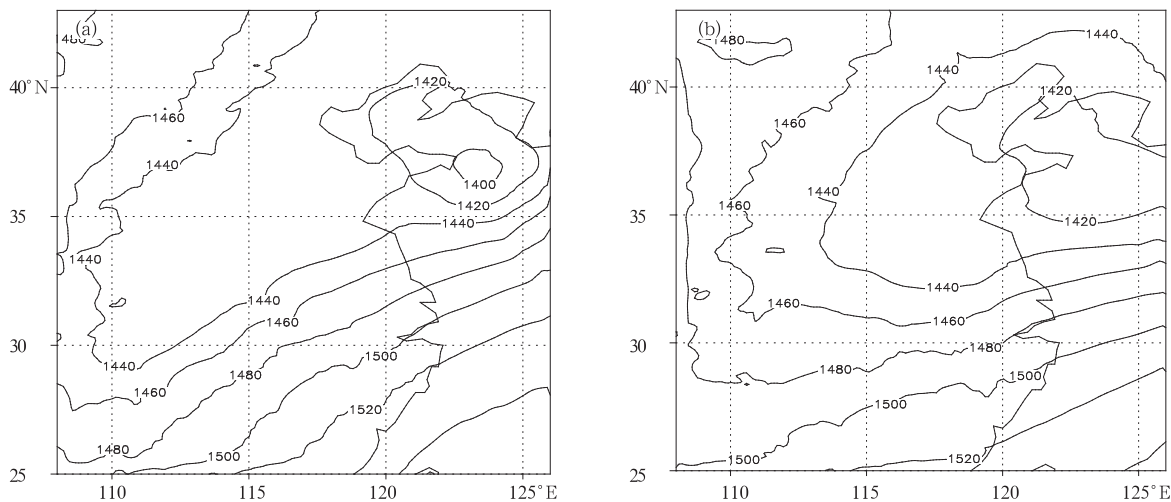


图 4 试验 t213do(a)、ncepdo(b)的 7 月 11 日 08 时 850 hPa 高度场

Fig. 4 850 hPa geopotential heights at 08:00 BST 11 July in experiments (a) t213do and (b) ncepdo, respectively

为了进一步分析试验 t213do、ncepdo 模拟结果的相似程度, 文中计算了两试验相应 850 hPa、500 hPa 的高度场之间和温度场之间每半小时一次的相关系数 r_{xy} 。试验 t213do、ncepdo 的 850 hPa 高度场之间和温度场之间的相关系数如图 5 所示(500 hPa 的图略), 由图可见, 在大部分时间段试验 t213do、ncepdo 的 850 hPa 高度场之间和温度场之

间的相关系数大于 0.9, 说明两组初值所模拟的大尺度环流形势具有较好的相似性; 随积分时间的增加, 此相关系数是呈减小的趋势, 表明试验 t213do、ncepdo 的模拟结果随积分时间的增加差异增大。

3.2 GRAPES 模式对初始场的记忆能力

在对 4 种对比试验 t213do、ncepdo、t213no、ncepno 模拟结果的分析中, 我们首先分析了两种初

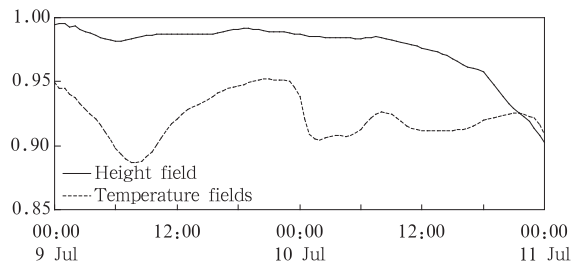


图 5 2005 年 7 月 9—11 日试验 t213do、ncepdo 的 850 hPa 高度场、温度场之间的相关系数
Fig. 5 Correlation coefficients of geopotential height as well as temperature fields at 850 hPa between experiments t213do and ncepdo during 9—11 July 2005

值情况下 GRAPES 模式预报结果的大气能量变化,因为大气中各种天气系统的产生、发展和消亡的过程就是能量的积累、释放和转换的过程。对于单位质量的空气,存在 4 种最基本的能量形式,即动能、位能、内能和潜热能,把这 4 种能量之和称为总能量,其计算公式为: $E_t = c_{pd}T + Agz + Lq + \frac{AV^2}{2}$ 。上式是对单位质量空气而言的,因此 E_t 称为空气的总比能, $c_{pd}T$ 称为比焐, Agz 称为比位能, $\frac{AV^2}{2}$ 称为比动能。将上式简化后可得到相当于用摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)

表示的总能量 T_t : $T_t = \left(\frac{E_t}{c_{pd}} - T_0 \right) = t + \frac{Agz}{c_{pd}} + \frac{Lq}{c_{pd}} + \frac{AV^2}{2c_{pd}}$, 式中 T 为温度, z 为位势高度, c_{pd} 为干空气的定压比热, L 为水汽的凝结或水的蒸发潜热, q 为比湿, V 为风速。

这里取出 GRAPES 模式预报场 1000—50 hPa 逐层的高度、比湿、温度、风 u 、 v 分量,按上述方法计算各等压面上所有格点上的大气总能量,再对所有的格点进行平均,即可得出各等压面上各预报时次的大气总能量。同时我们还取出 4 种试验中 GRAPES 模式预报场的 500 hPa 高度场,对各时次的格点场进行平均,7 月 9 日 08 时—11 日 08 时每 30 min 一次的 850、250 hPa 大气总能量变化以及 500 hPa 高度变化见图 6 和 7。由图可见以下结果:(1)对于初始场 T213 和 NCEP, 无论是否加入常规地面、探空观测资料进行客观订正, GRAPES 模式预报场的差异较大,并且这种差异不会随着积分时间的延长而消失。这说明初始场的差异决定了模拟结果的差异,模式对初始场的敏感性较高;(2)对同一种初始场,是否加入常规地面、探空观测资料进行客观订正,其对 GRAPES 模式积分结果的影响是仅在最初的 12 h 内会造成显著差

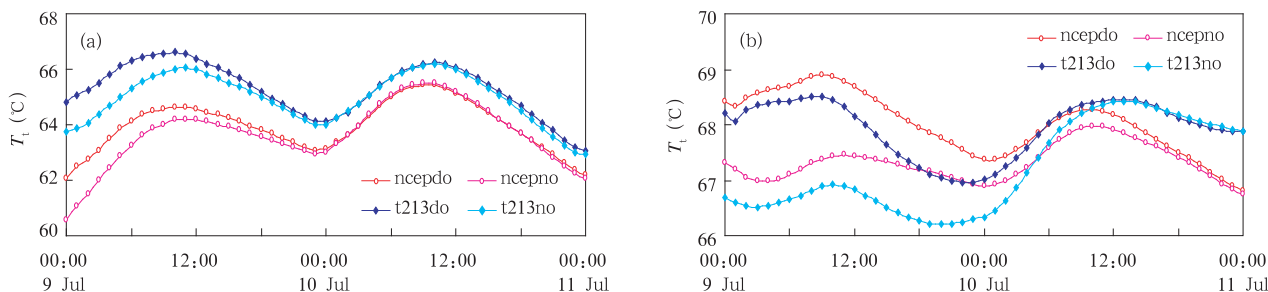


图 6 2005 年 7 月 9—11 日 4 种模拟对比试验每 30 min 一次的 850 (a)、250 hPa (b) 大气总能量的变化
Fig. 6 Temporal evolution of the 850 hPa (a) and 200 hPa (b) total atmospheric energy of every half an hour in the four contrast experiments

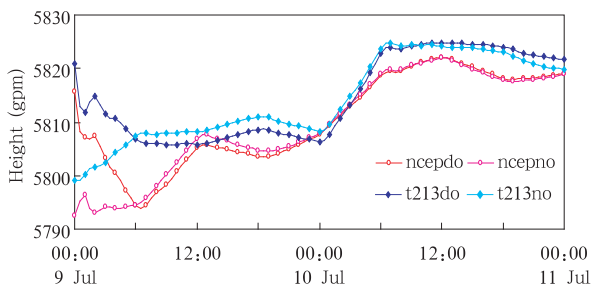


图 7 2005 年 7 月 9—11 日 4 种模拟对比试验每 30 min 一次的平均 500 hPa 高度场的变化
Fig. 7 Same as Fig. 6 but for 500 hPa average geopotential height

异,而此差别在以后的积分过程中逐渐减小,至 24 h 后几乎不存在差异。这说明客观订正在初始场中产生的扰动对模式影响的时间长度有限,即扰动在 12 h 内对模式模拟结果有较大影响。

根据水汽方程,对于大范围持续性强降水,大尺度的水汽输送是最为重要的,所以对试验 t213do、ncepdo,本文分别使用了模式预报中的地面以及 1000—200 hPa 共 9 层的比湿及风场资料,计算了整个预报区域 7 月 9 日 08 时—11 日 08 时每 30 min 一次的自地面到 200 hPa 的整层大气水汽输送^[22-24]。随后选取了此次致洪暴雨过程中强降水水

心(32.0°—33.5°N, 113.5°—116°E)的区域范围,来计算此区域各边界的水汽输送,用以分析该区域的水汽收支情况。该区域南、北两个边界的整层的水汽输送分别记为 F_S 、 F_N ,则经向净水汽输送量 $F_{SN} = F_S - F_N$ 。图 8 为试验 t213do 和 ncepdo 中强降水中心区域每 30 min 一次的整层经向水汽收支变化(单位: $g/(cm \cdot s)$),由图可知试验 t213do 和 ncepdo 中强降水中心区域每 30 min 一次的经向水汽收支差异较大且不会消失,并在 36—48 小时的时

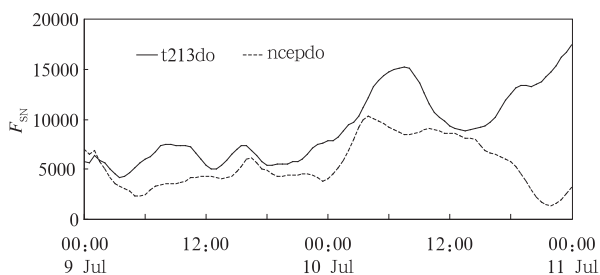


图 8 2005 年 7 月 9—11 日试验 t213do、ncepdo 中(32.0°—33.5°N, 113.5°—116°E)每 30 min 一次的整层(地面—200 hPa)经向水汽收支变化(单位: $g/(cm \cdot s)$)

Fig. 8 Temporal evolution of the meridional net vapor gain ($g/(cm \cdot s)$) over the area(32.0°—33.5°N, 113.5°—116°E) integrated from surface to 200 hPa in a time interval of half an hour in t213do and ncepdo experiments

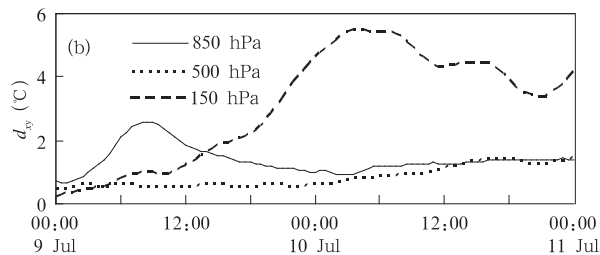
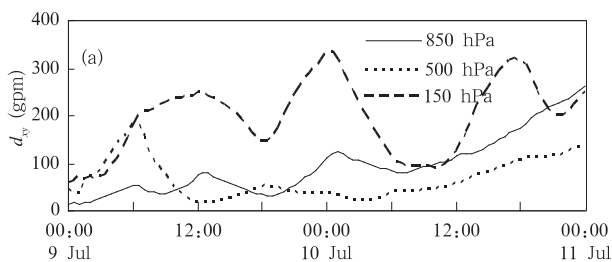


图 9 2005 年 7 月 9—11 日试验 t213do、ncepdo 的不同高度上高度场(a)和温度场(b)的离散度

Fig. 9 Temporal evolution of the discrepancy of geopotential height (a) as well as temperature fields (b) at 850(solid line), 500(dot line), and 150 hPa(dash line) levels between t213do and ncepdo experiment

通过以上分析可以知道,不同初始场对模拟结果有明显影响。数值预报模式的初值存在误差,而模式对大气初值非常敏感,会将这种误差随着模式积分时间的延长而放大,从而导致预报发散较大,造成模拟结果的差异,因此选择一个合适的初始场对 GRAPES 中尺度模式是相当重要的。

3.3 不同初始场对 GRAPES 模式降水预报的影响

图 10 和 11 是 4 组试验中 7 月 9 日 08 时—11

段内经向水汽输送还出现了完全相反的预报趋势,这亦说明了对于不同的初始场 T213 和 NCEP, GRAPES 模式得到的预报场差异不会随着积分时间的延长而消失。

为进一步说明不同的初始场对模式模拟结果的影响,我们采用以下公式计算离散度:

$$d_{xy} = \frac{\sum_i \sum_j (F_{ij}^{T213} - F_{ij}^{NCEP})^2}{N}$$

其中 F^{T213} 、 F^{NCEP} 分别为用 T213 和 NCEP 资料作初始场得到的模拟结果, N 为预报区域内的总格点数。它是考虑 F^{T213} 、 F^{NCEP} 两个预报场中每个格点的数据差值大小,对所有格点数据差值求和来表征两个预报场的差距, d_{xy} 越小,两个场的差距越小。图 9 给出了试验 t213do 和 ncepdo 的不同高度(150、500、850 hPa)上高度场和温度场的离散度时间演变曲线。分析图 9 可知,不同的初始场(T213 和 NCEP)造成的预报场差异不会随着积分时间的延长而消失,并且采用不同初始场造成的模拟结果差异,特别是高层(150 hPa)有随时间不断增大的趋势。另外两组试验中不同高度上比湿场的离散度也是随时间呈不断增大的趋势(图略),但其垂直分布却与高度、温度不太一致,表现为低层比高层的离散度大。

日 08 时 48 h 降雨分布。与实况降雨相比,模式基本模拟出湖北、河南南部、安徽到江苏一带的降雨分布,并对湖北、江苏地区的强降雨也有一定反映,但模拟的降雨强度有误差。逐一进行分析比较可知:(1) 试验 ncepdo、ncepno 模拟的降雨强度均明显小于试验 t213do、t213no,未报出 100 mm 以上的强降雨中心;(2) 试验 t213do、t213no 中湖北暴雨区的总体位置较为准确,但模拟出了多个大暴雨中心,强度

偏强,范围偏大。江苏地区的大暴雨中心位置略偏东北,但大暴雨雨区范围较为准确;(3) 4 种试验中均未能模拟出河南南部到安徽西北部的强降雨中

心,这可能是由于造成该区域降雨的低涡(扰动)尺度较小,初始场中缺乏描述其发生发展的中尺度信息,从而导致模拟降雨的失败。

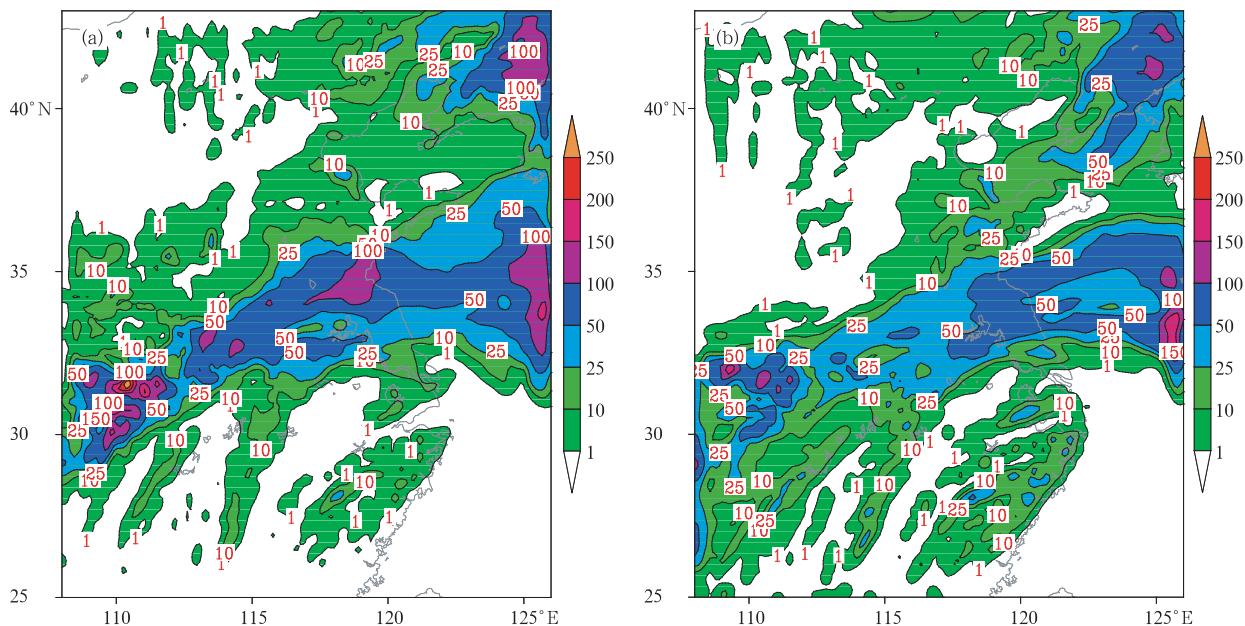


图 10 GRAPES 模式+三维变分用 T213(a) 和 NCEP(b)做背景场的 48 h 累计降水量预报

Fig. 10 48 h precipitations forecasted in the experiments of 3-D variational assimilated T213 (a) and NCEP (b) initial fields, respectively

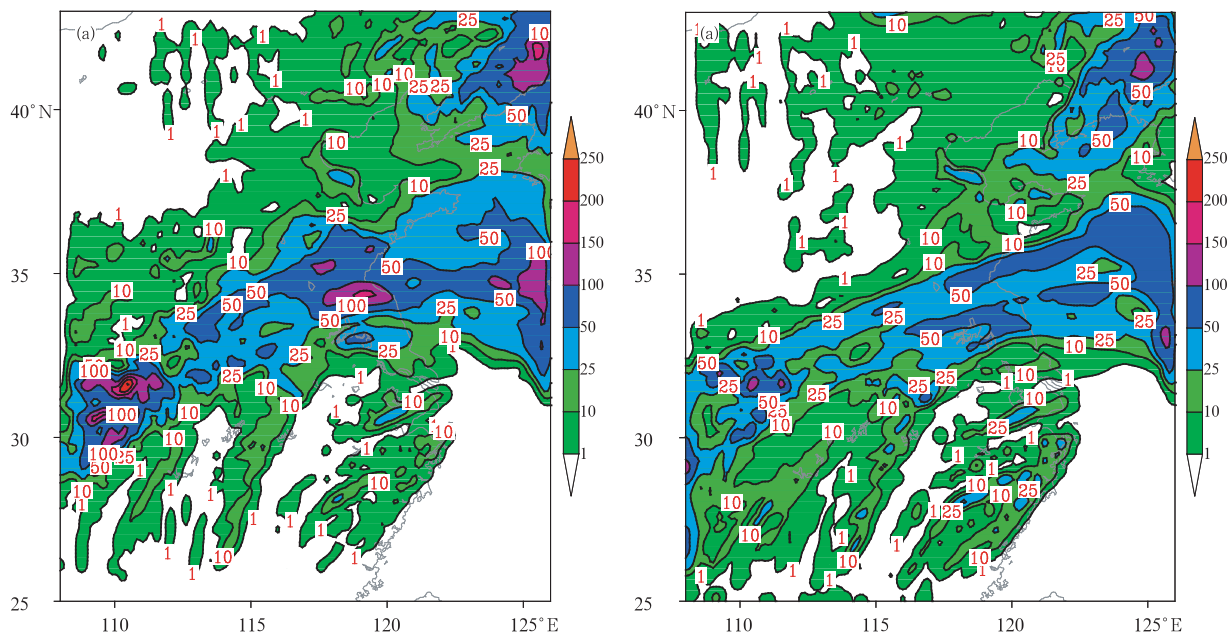


图 11 GRAPES 模式用 T213(a) 和 NCEP(b)做初始场的 48 h 累计降水量预报

Fig. 11 48 h precipitations forecasted in the experiments of T213 (a) and NCEP (b) initial fields, respectively

为了客观的反映模式的降水预报水平,对 4 种试验的降水预报,均按照国家气象中心气象预报产品评分系统使用的累加降水检验方案^①,使用安徽省高密度自动雨量站的资料,对模式的降水预报按照小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨的量级进行 0—12 小时、12—24 小时、0—24 小时、24—48 小时的 T_s 评分。 $T_s = N_A / (N_A + N_B + N_C)$,其中预报正确的网格点数为 N_A ,空报的网格点数为 N_B ,漏报的网格点数为 N_C 。具体的评分方法是:将安徽省自动雨量站的实况雨量插值到格点上(范围为 $29.0^\circ - 35.0^\circ N$, $114.0^\circ - 120.0^\circ E$),对两者进行评分比较。12 h 内把降水分为小雨(≥ 0.1 mm);中雨(≥ 5.0 mm);大雨(≥ 15.0 mm);暴雨(≥ 30.0 mm);大暴雨(≥ 70.0 mm)5 个等级;24 h 内把降水分为小雨(≥ 0.1 mm);中雨(≥ 10.0 mm);大雨(≥ 25.0 mm);暴雨(≥ 50.0 mm);大暴雨(≥ 100.0 mm)5 个等级。

4 种试验的 0—12 小时和 12—24 小时的评分结果见图 12,分析可知:(1)对同一种初始场,是否加入常规观测资料进行同化,模式对 0—12 小时的降水预报水平差别不大;而 12—24 小时的降水预报在进行三维变分同化后 T_s 有所提高。(2)为进一

步分析同一种初始场模拟的 0—12 小时降水预报,文中对 12 h 内每 3 h 一次的累计降水进行 T_s 评分,发现模式对 9—12 小时的降水预报,使用三维变分的 T_s 评分比没有使用同化的要高,而在 0—3、3—6、6—9 小时的预报评分 T_s 差别不大,这与模式在积分初始时段对初值有一个响应时间有关。(3)对 0—24 和 24—48 小时的评分结果进行分析(图略):对同一种初始场,在加入观测资料进行三维变分同化后,模式对降水的 0—24 小时预报比没有使用同化的总体情况要好,这与文献中提到的同化后能改进短期的降水预报是相符的^[25]。而同一种初始场,模式进行同化与未进行同化的降水预报,其 24—48 小时预报水平差别不大,说明初值仅显著影响 GRAPES 模式约前 24 h 的降水预报^[25-26],此后模式的预报趋势主要决定于边界条件的信息。由于本文仅对 7 月 9 日 08 时的观测资料进行了一次变分同化分析,只对模式的初始场作了较为合理的改进,因此 24 h 降水预报的效果总体上要好于远离初始时刻的 48 h 预报。(4)使用不同初始场得到的降水预报,在 0—24 小时和 24—48 小时对小雨、中雨、大雨的预报能力大致相当,但试验 t213do 对暴

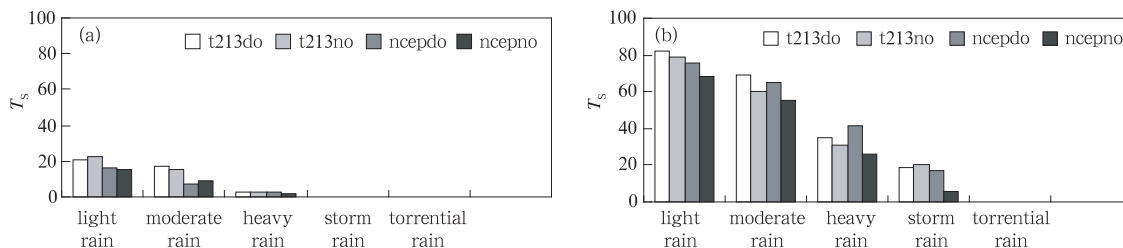


图 12 4 种试验的 GRAPES 模式降水预报的 0—12 (a)、12—24 (b) 小时评分结果

Fig. 12 Scores for the 0—12 h and 12—24 h precipitation forecast of the four contrast experiments of GRAPES model

雨的预报水平明显高于其他几种试验。

纵上所述,模式对此次致洪暴雨过程的暴雨雨区分布、强度有一定模拟能力,但对强暴雨区的模拟与实况仍存在着较大差异。同时由于初始场的不同,4 种试验对暴雨的模拟结果也不相同。

4 结 论

本文分别使用 T213 L31 及 NCEP FNL 所提

供的初始背景场和边界条件,利用中国新一代数值预报模式 GRAPES,对 2005 年 7 月 9—10 日的淮河流域中南部暴雨过程进行了个例试验。通过对 T213 和 NCEP 初始场以及 4 种模拟试验 GRAPES 模式预报结果的分析,初步探讨了 GRAPES 模式的数值预报产品对不同初始场的敏感程度,以及三维变分同化对数值预报结果的可能影响。结果表明:

(1) T213 和 NCEP 初始场中存在着差异较大

① 黄卓. 气象预报产品质量评分系统. 北京:中国气象局预测减灾司,2001:9-11

的次天气尺度特征,并由此造成了此后 GRAPES 模式预报场的差异。

(2) 对于 T213 和 NCEP 两种初始场, GRAPES 模式得到的两者预报场(即中小尺度场)存在较大差异,且此差异不会随积分时间增加而消失。这说明初始场的差异会对后期的模拟结果产生决定性的影响,模式对初始场十分敏感。

(3) 对同一种初始场,三维变分同化对 GRAPES 模式积分结果的影响表现在最初的 0—12 小时内模拟结果存在明显差异,此后差异逐渐减小,至 24 h 后几乎不存在差异。

(4) 模式对此致洪暴雨过程的暴雨区分布、强度均有一定的模拟能力,但模拟的强暴雨区与实况仍存在着较大差异。对同一种初始场,在仅加入常规观测资料经过三维变分同化后,模式对 9—12、12—24 和 0—24 小时的降水预报比没有使用同化的总体情况要好。

参考文献

- [1] 郜吉东,丑纪范. 数值模式初值的敏感性程度对四维同化的影响——基于 Lorenz 系统的研究. 气象学报,1995,53(4):471-479
- [2] 王栋梁,梁旭东,端义宏. 云迹风在热带气旋路径数值预报中的应用研究. 气象学报,2005,63(3):351-358
- [3] 袁招洪. GPS 可降水量资料应用于 MM5 模式的变分同化试验. 气象学报,2005,63(4):391-404
- [4] 王叶红,赵玉春,崔春光. 多普勒雷达估算降水和反演风在不同初值方案下对降水预报影响的数值研究. 气象学报,2006,64(4):485-499
- [5] 张朝林,陈敏,Kuo Ying-Hwa 等. “00.7”北京特大暴雨模拟中气象资料同化作用的评估. 气象学报,2005,63(6):922-932
- [6] 麻素红,瞿安祥. 不同初始场及侧边界对台风路径数值预报的影响. 热带气象学报,2004,20(12):737-742
- [7] 郑益群,钱永甫等. 初、边值条件对区域气候模拟的影响. 大气科学,2002,26(6):794-806
- [8] 房春花,崔春光,李武阶等. 使用不同的天气尺度初值作强对流暴雨预报的差别及其原因. 大气科学,2003,27(2):281-288
- [9] 陈德辉,薛纪善. 数值天气预报业务模式现状与展望. 气象学报,2004,62(5):623-633
- [10] 黄丽萍,伍湘君,金之雁. GRAPES 模式标准初始化方案设计与实现. 应用气象学报,2005,16(3):374-384
- [11] Xue Jishan, Chen Dehui, Chen Xian. Great advancement in developing new generation NWP model system in China. Chinese Academy of Meteorological Sciences Annual Report, 2003:6-8
- [12] 张华,薛纪善,庄世宇等. GRAPES 三维变分同化系统的理想试验. 气象学报,2004,62(1):31-41
- [13] 林爱兰,万齐林,梁建茵等. 热带西南季风对 0214 号热带气旋“黄蜂”的影响. 气象学报,2004,62(6):841-850
- [14] 庄照荣,薛纪善. 云迹风资料的三维变分同化及对台风预报的影响试验. 热带气象学报,2004,20(3):225-236
- [15] 章建成,刘奇俊. GRAPES 模式不同云物理方案对短期气候模拟的影响. 气象,2006,32(7):3-12
- [16] 李耀辉,赵建华,薛纪善等. 基于 GRAPES 的西北地区沙尘暴数值预报模式及其应用研究. 地球科学进展,2005,20(9):999-1011
- [17] 宗志平,刘文明. 2003 年华北初雪的数值模拟和诊断分析. 气象,2004,30(11):3-7
- [18] 陈起英,金之雁,伍湘君等. 中期数值预报系统 T213 L31 在 IBM/SP 高性能计算机上的建立. 应用气象学报,2004,15(5):523-533
- [19] 杨福全,杨大升. 1991 年江淮流域暴雨中不同尺度系统的相互作用. 应用气象学报,1996,7(1):9-18
- [20] 葛良玉,陶崇萱,梁汉明. 梅雨期江淮流域的暴雨在次天气尺度图上的分布特征. 气象科学,1989,9(1):57-67
- [21] 陈大刚,谢庄. 利用 T42 资料对北京大降水的诊断分析. 气象,1994,20(7):32-34
- [22] 柳艳菊,丁一汇,宋艳玲. 1998 年夏季风爆发前后南海地区的水汽输送和水汽收支. 热带气象学报,2005,21(1):55-62
- [23] 徐敏,田红. 淮河流域 2003 年梅雨时期降水与水汽输送的关系. 气象科学,2005,25(3):265-271
- [24] 何金海,刘芸芸,常越. 西北地区夏季降水异常及其水汽输送和环流特征分析. 干旱气象,2005,23(1):10-16
- [25] 曾智华,马雷鸣等. MM5 数值预报引入 GRAPES 三维变分同化技术在上海地区的预报和检验. 应用气象学报,2004,15(5):534-542
- [26] 闫敬华,MAJEWSKI Detlev. 中尺度数值预报模式初边值作用的试验研究. 热带气象学报,2003,19(2):134-142

EFFECTS OF DIFFERENT INITIAL FIELDS ON GRAPES NUMERICAL PREDICTION

Zhu Hongfang¹ Wang Dongyong¹ Guan Zhaoyong² Liu Yong¹ Fu Yunfei³

1 Anhui Provincial Observatory, Hefei 230031

2 Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

3 University of Science and Technology of China, Hefei 230026

Abstract

The case of flush-flood-producing rainstorm in Huaihe River Basin during 9–10 July 2005 was selected, and by using the new generation numerical weather prediction model system GRAPES, four groups of contrast experiments were conducted with the initial fields and lateral boundaries provided by the T213 L31 and NCEP FNL data, respectively, to investigate the sensitivity of GRAPES numerical prediction products to different initial fields and the effect of 3-D variational assimilation on the results of the GRAPES forecasts. After analyzing the differences between the T213 and NCEP initial fields and corresponding experiment results, the mnemonic ability of the model to initial fields and the influence of different initial fields on the precipitation forecast were concentratedly analyzed. The results show that there existed obvious differences in sub-synoptic scale characteristics between the T213 and NCEP initial fields, thus leading to different simulation results, and moreover the differences did not disappear when the integration went on. It has also been shown that the 3-D variational assimilation of the initial fields only markedly influenced the GRAPES model results in the first 24 hours, and afterwards the effect became diminished. In addition, both the location and intensity of the rainstorm forecasted by the GRAPES numeric model are very close to the observed, but there are some differences in the forecast of exceptional heavy rain. Further more, the 9–12 h, 12–24 h and 0–24 h precipitation forecasts of the model are better in the experiments with the 3-D assimilation of the initial fields than those without assimilation. All these suggest that the prediction ability of GRAPES depends to some extent on different initial fields and lateral boundary conditions, and the differences of initial fields will determine the differences of GRAPES simulated results.

Key words: GRAPES, T213 L31, NCEP, Initial fields, 3-D variational assimilation.