

初始场的同化对短期气候预测的影响

官元红^{1,2} 周广庆² 陆维松³

摘要

基于已建立的三维变分资料同化系统(3D-VAR),利用大气环流模式(IAP 9L2° × 2.5°-AGCM),对同化和未同化2种初始场分别进行了17 a(1988—2004年)的集合回报试验,并对试验结果进行了相关分析.结果表明:在热带地区,2组初始场下的集合回报结果差别很小,除热带外的中高纬地区差别较大,尤其是东亚地区;另外,大部分物理量场的17 a异常空间相关系数的均值在同化后的初始场下也得到了提高,可能是因为同化的初始场包含了一段时间的大气信息,动力模式更加协调.

关键词

初始场; 同化; 短期气候预测; 集合回报

中图分类号 P456.1; P456.7

文献标志码 A

0 引言

目前,世界范围内的气候异常导致的气候灾害严重影响了人们的生活和经济的发展,因此,短期气候预测引起了各国的高度关注,对于地处东亚季风区的中国,由于气象灾害更加频繁和严重,准确地预测短期气候显得更为迫切.对于短期气候预测,不管是国外还是国内多将注意力放在边界条件(主要是海表温度(SST))上^[1-5],但实际上完全基于SST的预测是不够的,土壤湿度、雪盖、地表植被等^[6-14]的影响也不可忽视.很多研究也表明对于除热带外的中高纬度地区,特别是东亚地区的季风气候,由于大气运动的非线性性,其内部的混沌行为可增大气候预测的不确定性,初始条件也扮演着不可轻视的角色^[15-21].因此,准确的初始条件也是非常必要的.但目前我国在做短期气候预测时,通常采用某一时刻数值天气预报的实况分析场(如NCEP的分析或再分析资料),通过简单的插值直接提供给气候模式,由于大气运动发展和演变时间、空间的连续性以及各气象要素动力上的协调性,仅仅用1个时次的常规观测资料和常规分析方法,往往很难提供较好的大气信息和较高质量的气候模式初值^[22].为了考察大气资料同化的作用如何以及应用资料同化手段生成陆-气协调的初始场来改进气候预测的初值,建立了一个简化的三维变分资料同化系统(3D-VAR)并应用于中国科学院大气物理研究所的9层大气环流模式中(IAP 9L2° × 2.5°-AGCM)^[23-26],本文在此基础上,将同化的初始场和目前实时预测时所采用的初始场(未同化)的集合回报结果进行对比分析,旨在为将来我国利用该模式作短期气候预测时提供一点参考.

1 模式、资料及方案

本文采用的模式为IAP 9L2° × 2.5°-AGCM.该模式为原始方程模式,垂直方向上采用不等距 σ 坐标分为9层($0 \leq \sigma \leq 1$),模式顶为10 hPa;水平方向上采用经纬度网格坐标,变量按照C-网格呈交错分布.模式的主要预报量包括水平风速、温度、土壤湿度、水汽含量、地面气压及雪量等,诊断量则有垂直速度、位势高度、云及密度等.

这里采用同化系统主要是为了生成与模式相协调的初始场以及最大程度地利用NCEP资料所提供的信息,所以文中没有采用站点观测资料作为同化数据,而是采用美国国家环境预报中心(NCEP)的水

收稿日期 2010-10-20

资助项目 国家重点基础发展规划项目(2010-CB951901);国家自然科学基金(40821092)

作者简介

官元红,女,博士,研究方向为短期气候预测与资料同化. guanyuanhong78@sina.com.cn

1 南京信息工程大学 数理学院 南京 210044

2 中国科学院 大气物理研究所 北京 100029

3 南京信息工程大学 大气科学学院 南京, 210044

分辨率 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 的再分析数据 NCEP/DOE Reanalysis II 作为伪观测进行同化, 这样可以更加清楚地和直接采用 NCEP 资料作为初始场的结果进行对比分析。

本文的第 1 组试验的初始场为目前实时预测时所采用的初始场, 即初始场中的大气部分采用 NCEP 的实时再分析数据 NCEP/DOE Reanalysis II, 水平分辨率 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$, 包括 17 层位势高度场、风场、相对湿度、温度场; 初始场中的雪盖、夜间边界层顶高度及地表的一些通量由于没有观测资料, 用模式积分回报时段内的 17 a 气候态代替。外强迫的海表温度场采用的是回报时段内 NCAR 的月平均全球海温资料。集合回报时段为 1988—2004 年, 利用 IAP9L2° × 2.5°-AGCM, 每年从 4 月 15、18、21、24、27 日 00 时 (世界时, 下同) 出发, 分别积分至当年的 8 月 31 日 24 时。第 2 组试验的初始场为同化产生, 同化从每一年的 4 月开始, 为了节省时间, 每天同化 1 次 (12 时) 将 4 月 15、18、21、24、27 日 00 时加入同化后的模式结果输出分别作为该组试验的初始场, 与第 1 组试验相同的集合回报时段和外强迫海温, 即 2 组试验中只有初始场不同。每组试验均得到当年的 5 个夏季回报结果 (夏季为 6、7、8 月的平均), 取这 5 个回报结果的算术平均与模式气候态间的距平作为当年夏季的回报结果, 则在每组试验中均得到对应 17 a 的回报结果。其中模式气候态为回报时段内模式的 17 a 控制试验积分结果的夏季平均。

2 分析方法

对于模式可预测性的评价, 指标主要有相关分析、方差分析等, 对于降水还有预报评分 (P_c) 和同号率 (T) 等。它们都是从不同角度反映 2 个场量的相似程度。由于相关分析可以直接表现出模式结果与实测间的接近程度, 并且受显著性水平的制约, 因此相对比较直观, 所以这里采用相关分析的方法, 分别计算了距平时间、空间相关系数。计算公式为

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

当 r 为距平时间相关系数时, i 表示年份, 本文中指 1988—2004 年, x_i 、 y_i 分别表示某一格点上第 i 年的回报试验距平与 NCEP/DOE Reanalysis II 再分析资料距平, \bar{x} 和 \bar{y} 分别表示各网格点上回报试验的距平

与 NCEP/DOE Reanalysis II 再分析资料距平的 17 a 平均; 当 r 为空间距平相关系数时, i 表示讨论区域内的网格点数, x_i 、 y_i 分别表示某一年第 i 点的回报试验距平与 NCEP/DOE Reanalysis II 再分析资料距平, \bar{x} 和 \bar{y} 分别表示该年回报试验的距平与 NCEP/DOE Reanalysis II 再分析资料距平在该区域内的平均。

3 试验结果

为了考察模式的回报结果与相应实测间的吻合程度, 这里利用 17 a 的集合回报结果, 首先采用时间相关系数分析了每一个网格点的回报与 NCEP/DOE Reanalysis II 资料在 17 a 的平均相关程度, 文中给定显著性水平为 0.05, 将通过检验的区域视为可预测性区域, 从而对模式在各个网格点上的预测能力有一个总体上的认识。

3.1 2 组试验中各物理量场的距平时间相关系数及在全球范围内的差异

3.1.1 高层要素场(200 hPa 位势高度场与纬向风场)

图 1 是 200 hPa 位势高度 (H_{200})、纬向风速 (U_{200}) 在试验 1 和试验 2 中的回报结果与 NCEP/DOE Reanalysis II 资料的距平时间相关系数及它们间差值 (试验 2 的距平时间相关系数减去试验 1 中的相关系数) 在全球范围内的分布。由 H_{200} 的距平时间相关系数 (图 1a、c) 可见: 模式的可预测能力总体上呈带状分布; 在整个热带地区可预测性较高, 向两极地区逐渐减小; 全球在热带东太平洋的可预测性最高, 南太平洋、欧亚大陆及西北太平洋的部分地区也具有较高的可预测性。由 U_{200} 的距平时间相关系数 (图 1b、d) 可看出: 模式对 U_{200} 的可预测能力几乎布满大部分太平洋及部分大西洋、印度洋地区; 但在热带除热带太平洋以外地区的可预测性明显弱于 H_{200} ; 而在我国南方大部分地区及其以东的西北太平洋、日本等地区都通过了显著性检验, 说明模式对夏季东亚副热带急流具有较大的可预测性。

从 H_{200} 在试验 2 与试验 1 中的距平时间相关系数差值 (图 1e) 来看, 2 组试验在热带地区的相关系数之差几乎为零, 而 2 组试验中虽然下边界海温强迫相同但初始场不同, 可见初始场对热带地区的可预测性的作用较小, 这与前人的研究成果^[27]一致, 即在热带地区, 缓慢变化的下边界强迫对大气运动的显著影响是短期气候预测的物理基础。在南半球的中高纬地区, 只有少部分地区出现相关系数差的

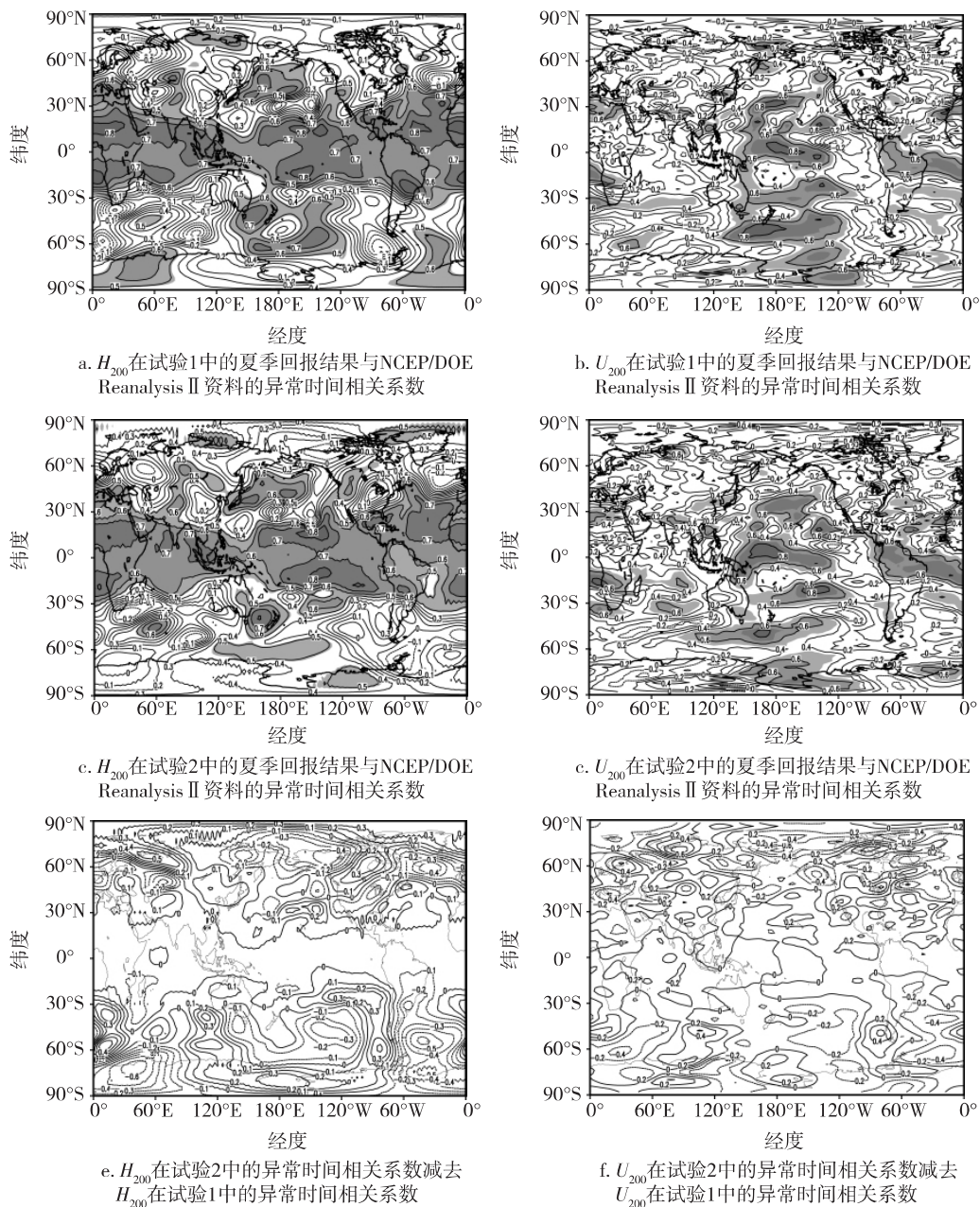


图1 200 hPa 位势高度 (H_{200})、纬向风速 (U_{200}) 的异常时间相关系数(阴影部分通过 0.05 显著性水平检验)

Fig.1 Temporal anomaly correlation coefficients of H_{200} or U_{200} computed for 1988—2004

(Heavy shading denotes correlation significant at 0.05 confidence levels)

正值区,其余大部分地区相关系数之差均为负值,尤其在南极大陆,出现了数值较大、范围较广的负值区,这可能是由于在南极大陆利用的 NCEP/DOE Reanalysis II 资料可信度不高引起的。由于南半球不是我们主要关心的区域,所以在这里不多加分析(下同)。在北半球中高纬度地区,虽然2组试验中只有初始场不同,但结果却出现了较大的差别。这也说明在热带以外地区,气候变化的不确定性不再主要取

决于外强迫,大气内部自身不稳定以及由非线性动力所引起的混沌作用也不可忽视。

由图1f来看,与 H_{200} (图1e)类似,在热带地区的可预测性在2组试验中相差很小,但在热带外地区相差较大,尤其在我国绝大部分地区,采用同化后的初始场较大地改善了未同化初始场的试验结果。

3.1.2 中层要素场(500 hPa 位势高度场与温度场)

图2是500 hPa 位势高度 (H_{500})、温度场 (T_{500})

的情形. 由图 2a、c 可见: 2 组试验中的 H_{500} 在热带地区模式的可预测能力明显弱于 H_{200} , 特别是在赤道东太平洋上 H_{500} 的可预测性并没有通过显著性水平为 0.05 的检验; 但同 H_{200} 一致的是 H_{500} 的可预测性也是自赤道往两极逐渐减小. 从图 2b、d 可看出: T_{500} 在 2 组试验中可预测能力均呈带状分布, 在大部分热带地区通过了显著性检验, 可预测

性最高的区域绝大部分分布在热带中东太平洋上, 相关系数达到 0.8 以上; 可预测性也是随赤道往两极逐渐减小.

由图 2e 可见: 在热带地区尤其是赤道附近 2 组试验的相关系数差值几乎为零; 在北半球的中高纬度的大部分陆地上, 相关系数之差均为正值, 尤其是在俄罗斯的西北部可明显看出距平时间相关系数提

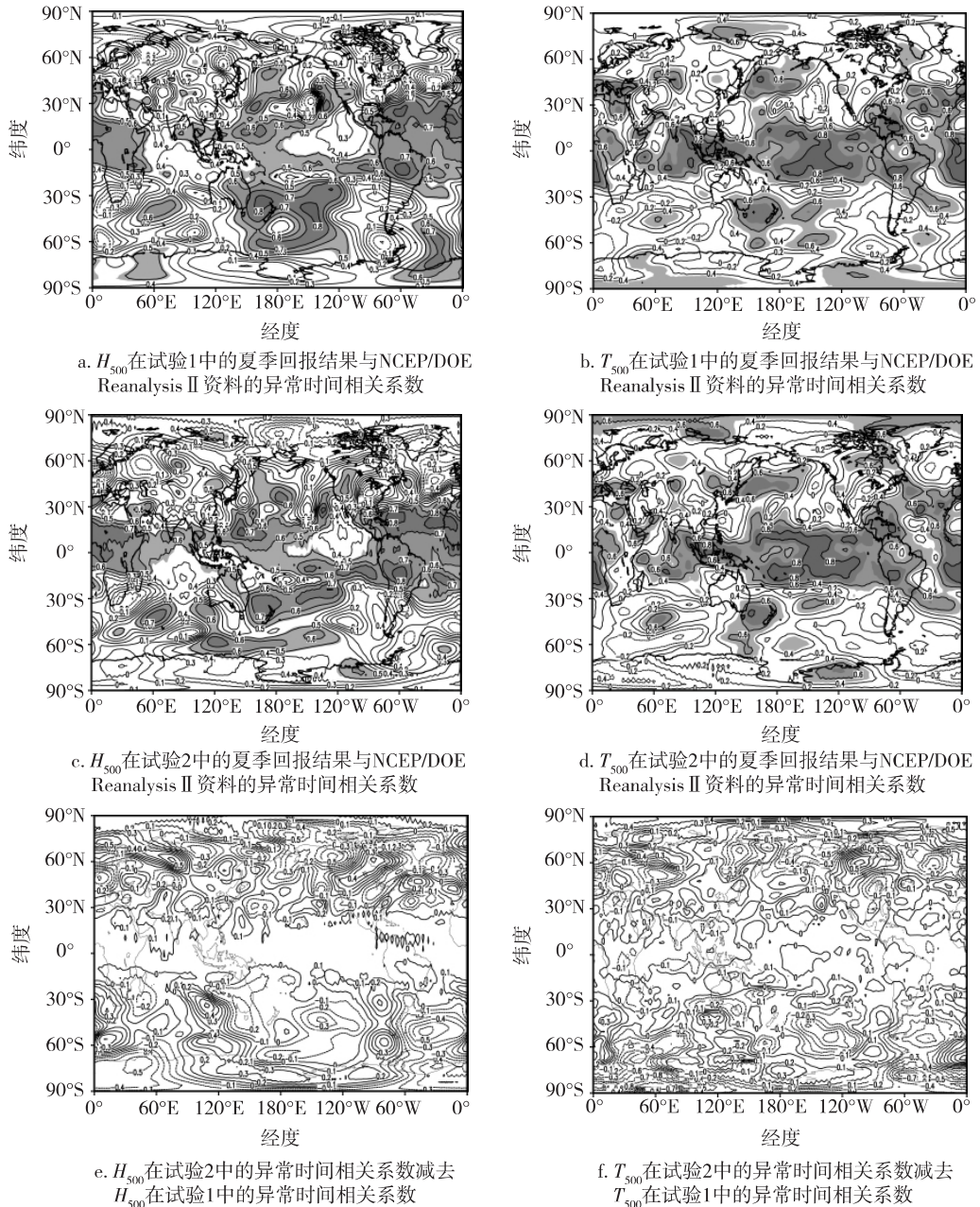


图 2 500 hPa 位势高度 (H_{500})、温度场 (T_{500}) 的异常时间相关系数 (阴影部分通过 0.05 显著性水平检验)

Fig. 2 Temporal anomaly correlation coefficients of H_{500} or T_{500} computed for 1988—2004

(Heavy shading denotes correlation significant at 0.05 confidence levels)

高了 0.5 以上,对比图 2a 和 2c,原来在试验 1 中负的相关通过采用同化的初始场后变为正相关,改进非常明显,在东亚地区(最关心的区域)改进也不小;但在部分海洋上试验 2 中的相关系数较试验 1 小,可见中高纬度的短期气候预测具有相当难度.图 2f 中 T_{500} 与 H_{500} 有类似的结论,不再赘述.中层与高层物理量场均一致地说明了初始场对短期气候预测的作用是不可忽视的,尤其是中高纬度地区.

3.1.3 低层要素场(表面气温场和海平面气压)

图 3 是低层的表面气温(TAS)和海平面气压(SLP)的情形.由图 3a、c 的距平时间相关系数分布可见:TAS 的可预测性几乎遍布整个海洋,其中太平洋、大西洋、热带印度洋的可预测性较大,相关系数达到 0.8 以上;相对海洋,陆地上的可预测性要小的多.从图 3b、d 可见:海平面气压的可预测性不及表面气温的可预测性,这里通过显著性检验的区域几

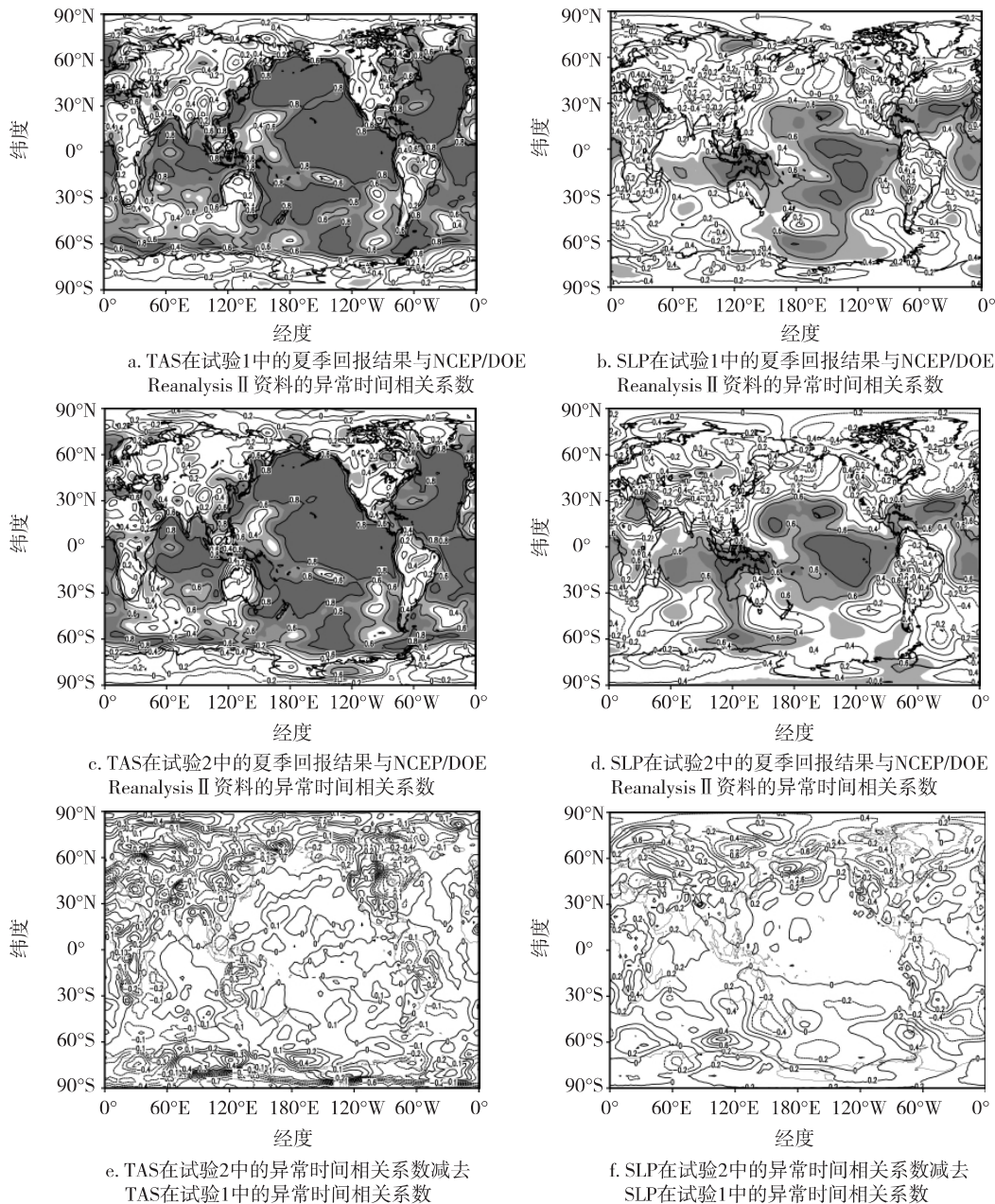


图 3 表面气温场(TAS)、海平面气压场(SLP)的异常时间相关系数(阴影部分通过 0.05 显著性水平检验)

Fig. 3 Temporal anomaly correlation coefficients of TAS or SLP computed for 1988—2004
(Heavy shading denotes correlation significant at 0.05 confidence levels)

乎分布在热带太平洋大部分地区、大西洋和印度洋的少部分地区以及澳大利亚等少部分陆地部分;最大相关系数分布在热带东太平洋上,达0.8以上。从图3e可明显看出:在大部分海洋上2组试验的相关系数之差几乎为零,虽然这里只有1组试验,但在一定程度上也说明了海洋上的可预测性受初始场的影响很小;在欧亚大陆(尤其是俄罗斯的西北部)和北美洲的部分陆地上,相关系数均得到了不同程度的提高,在中国的大部分地区提高达0.2以上,但在欧亚大陆的其他大部分地区为负值区所覆盖(与中高层物理量不同),这也说明了表面气温场的预测存在很大的难度。从SLP在2组试验中的差值(图3f)来看:在大部分海洋上,相关系数差值几乎仍然为零;在大部分陆地上,2组试验存在较大的差异,其中在欧亚大陆的大部分地区和北美洲的部分地区均为正值区所覆盖,尤其是在东亚地区采用同化的初始场后,相关系数提高了0.4以上,即采用同化的初始场后,北半球中高纬度尤其是东亚地区的大气质量分布得到了改善,大气环流也得到了正确的调整。

通过2组试验中各物理量的距平时间相关系数及他们间的差值比较不难看出,不管是对中高层还是低层的物理量场,模式对热带地区的可预测性较高,对中高纬度地区较低。2组试验中大部分的气象要素场(中、高、低层)在热带地区的距平时间相关系数相差非常小,而在中高纬(这里主要指北半球)却有着不小的差别,采用同化的初始场后,欧亚大陆的大部分地区相关系数得以提高,但也有少部分地区的相关系数反而减小,这也说明中高纬度的预测仅仅考虑初始场的影响是不够的,其他可预测因子及它们之间的相互作用也非常重要。

3.2 各物理量场的距平时间相关系数在中国地区的差异

为了更细致地考察初始场对我国不同区域短期气候预测的影响,图4表示的是各物理量场在2组试验中的回报结果在中国地区的差异,以期为我国短期气候预测提供一点参考。

从高层的 U_{200} (图4a)来看:中国的绝大部分地区都被阴影部分所覆盖,甚至在东北的部分地区差值高达0.6,这说明利用同化产生的初始场进行集合回报的结果的相关系数要比目前实时预测所采用的初始场进行的集合回报高出0.6;在长江中上游及东北部分地区相关系数差值也达到了0.4;200 hPa上的经向风(V_{200})采用同化的初始场后改进的较 U_{200}

更明显。

由图4c可看出 H_{500} 除西藏部分地区外,我国大部分地区的相关系数都有不同程度的提高,其中在西南地区提高较明显,在东北、华北及其东部相关系数也都有较大程度的提高,而这些区域正好是影响西太平洋副热带高压的关键区域,因此,利用该初始场可能对我国夏季气候预测有帮助。850 hPa位势高度场的提高总体上要比500 hPa上明显(图略)。

T_{500} (图4d)和 H_{500} 在中国的中西部地区有一定的相似性,即在中西部地区相关系数提高很小,这可能和模式地形有关。 T_{500} 和 H_{500} 在我国广西、福建小部分地区提高也不太明显,但在我国其他大部分地区改进都比较明显,其中以内蒙东部、河北一带提高最大,相关系数差值达0.2以上。

由图4e可看出:在我国新疆、华北、东北及南部大部分地区TAS的相关系数之差均为正值,也即在这些地区采用同化后的初始场较原来的初始场有改进,这将对我国汛期预测有一定的参考价值;但也可明显看出TAS的改进不及中、高层气象要素场明显,而且阴影覆盖的区域也比较零散,甚至在我国中部大部分地区相关系数之差为负值区,这说明表面气温的模拟有更大的难度,它不仅和初始状态有关,一定程度上可能还受物理过程尤其是地表参数化的影响。因此,要想进一步改进表面气温的模拟,除改进初始场外,还需要在模式中引入更细致、完善的陆面过程参数化方案。图4f显示:SLP在试验2中除了在我国西南地区相关系数较试验1中改进不明显外,对我国的大部分地区都有较大程度的改进,尤其是我国北方改进非常明显,相关系数提高均在0.2以上,在内蒙东部高达0.4以上;同化后的初始场对海平面气压的改进明显好于表面气温场。由于海平面气压是描述全球大气质量分布及大气环流基本特征的一个重要物理量,其预测水平的提高对我国短期气候预测的影响是不言而喻的。

总体而言,采用不同的初始场所做的集合回报结果在中国地区出现了较大的差异,这也再次确认了初始场对我国短期气候预测的重要性,而且这里同化后的初始场好于未同化的初始场。

3.3 各物理量场在中国地区的空间距平相关系数

以上分别比较了2组不同的初始场的夏季回报结果的距平时间相关系数在全球及中国地区的差值分布。为了深入了解不同初始场下东亚地区可预测性在17 a间的整体变化情况,这里将从空间距平相

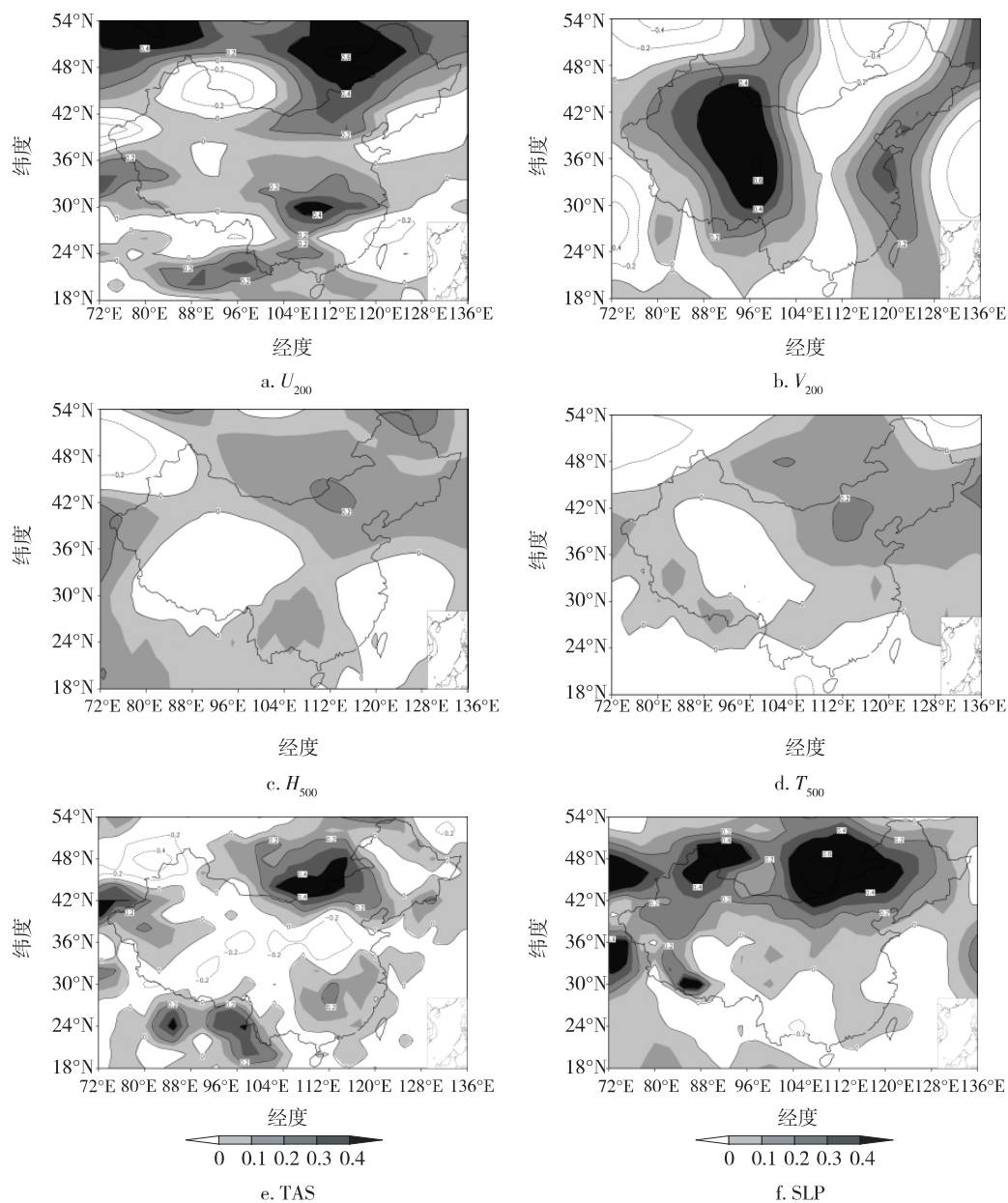


图4 异常时间相关系数之差在中国地区的分布(试验2减去试验1)

Fig. 4 The difference of temporal anomaly correlation coefficients between experiment 2 and 1 over China

关系数出发做进一步的分析. 首先选取的区域为中国区域, 范围是 $80 \sim 122.5^{\circ}\text{E}$, $20 \sim 50^{\circ}\text{N}$. 表1是2组试验中各物理量的夏季回报结果在中国地区与对应NCEP/DOE Reanalysis II资料的空间距平相关系数17 a平均值的比较. 高层的物理量有 U_{200} 、 H_{200} , 中层有 U_{500} 、 H_{500} 、 T_{500} , 低层有 T_{850} 、SLP及TAS. 可明显看出, 除了海平面气压场外, 其余的物理量场在试验2中的空间距平相关系数的均值较试验1都有提高, 海平面气压场的空间相关系数的均值在2组试验中均为负值, 可能需要考虑更多的影响因子. 与此同

时, 考虑到中国西部的特殊地形, 选取了中国东部地区 ($110 \sim 125^{\circ}\text{E}$, $24 \sim 50^{\circ}\text{N}$), 同样计算了空间距平相关系数的均值(表2). 可看出, 试验2较试验1的提高更加明显. 因此从这2组试验中的空间距平相关系数17 a的均值来看, 对于中国及其东部地区, 不管是在高层、中层还是低层, 各物理量在不同初始场下的结果都各有不同, 从这方面也可以看出初始场对我国短期气候预测的影响是不可忽略的; 同时, 同化后的初始场较原来未同化的初始场更加协调.

表 1 空间距平相关系数 17 a 均值(中国地区 80 ~ 122.5°E 20 ~ 50°N)

Table 1 The average of spatial anomaly correlation coefficients of experiment 1 and 2 over China for 17 years (80—122.5°E 20—50°N)

试验组别	U_{200}	H_{200}	U_{500}	H_{500}	T_{500}	T_{850}	SLP	TAS
试验 1	0.09	0.15	0.02	0.18	0.03	0.01	-0.14	0.09
试验 2	0.14	0.25	0.03	0.19	0.11	0.04	-0.14	0.12

表 2 空间距平相关系数 17 a 均值(中国东部地区 110 ~ 125°E 24 ~ 50°N)

Table 2 The average of spatial anomaly correlation coefficients of experiment 1 and 2 over East China for 17 years(110—125°E 24—50°N)

试验组别	U_{200}	H_{200}	U_{500}	H_{500}	T_{500}	T_{850}	SLP	TAS
试验 1	0.16	0.05	0.20	0.00	0.22	-0.01	0.09	-0.14
试验 2	0.26	0.18	0.40	0.14	0.27	0.13	0.27	-0.10

4 总结及讨论

基于已建立好的 3D-VAR 系统,本文利用大气所的大气环流模式 IAP9L2° × 2.5°-AGCM,从同化与未同化的初始场出发,通过 17 a(1988—2004 年)的集合回报试验,采用距平时间相关和空间距平相关分析的方法,对 2 组试验下的结果进行对比分析,结果如下。

1) IAP9L2° × 2.5°-AGCM 对不同层次、不同变量的可预测性不同;大部分气象要素场(位势高度场、纬向风场、表面气温场及海平面气压场)在热带地区的可预测性均较中高纬度高。

2) 全球范围内,在热带地区 2 组试验中大部分气象要素场的距平时间相关系数之差很小;而在热带以外的中高纬度地区相差较大,尤其在东亚(中国)地区。相对全球来说,初始场对东亚地区的短期气候预测的影响更加重要。

3) 在中国地区,从距平时间相关系数来看,同化的初始场较未同化的初始场(实时预测采用)的集合回报试验只有在少部分地区改进不明显,在大多数范围内都有不同程度的改善;从空间距平相关系数来看,不管是在高层、中层还是低层,试验 2 中各气象要素场对试验 1 也均有不同程度的改进。

本文试验结果显示了初始场在我国短期气候预测中的作用,相对全球来说,初始场对我国显得非常重要。从这里的 2 组试验中,不难发现目前我国在做短期气候预测时直接采用 NCEP/DOE Reanalysis II 再分析资料做为大气初始场以及气候态的陆面初始场的结果并不好,采用同化后的初始场对这个初始场有改进,这可能是因为同化后的初始场动力上更加协调,而且通过连续同化后,可能将大气的持续性

信息存贮与陆面物理量,更大程度地利用了 NCEP 资料所提供的信息。本文同化后的初始场可能还不是最好的初始场,有待进一步深入研究。需要指出的是,短期气候预测是一个难度很大的工作,尤其对处于东亚季风区的我国而言。本文只是使用 1 个模式、2 组试验进行的一些初步探讨,对其中的物理机制分析得还不够深入,这方面需要更多的研究才能得到更深入和可靠的结论。

参考文献

References

- [1] Rowell D P. Assessing potential seasonal predictability with an ensemble of multidecadal GCM simulation [J]. *Journal of Climate*, 1998, 11(2): 109-120
- [2] Palmer T N, Brankovic C, Viterbo P, et al. Modeling interannual variations of summer monsoons [J]. *Journal of Climate*, 1992, 5(5): 399-417
- [3] Harzallah A, Sadourny R. Internal versus SST-forced atmospheric variability as simulated by an atmospheric general circulation model [J]. *Journal of Climate*, 1995, 8(3): 474-495
- [4] Shen X S, Kimoto M, Sumi A, et al. Simulation of the 1998 East Asian summer monsoon by the CCSR/NIES AGCM [J]. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 2001, 79(3): 741-757
- [5] 陈红. IAP 跨季度-年度滚动式动力学气候预测系统及其实时预测试验 [D]. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 2003
CHEN Hong. IAP dynamical extraseasonal-Interannual climate prediction system and its real-time prediction [D]. Beijing: Institute of Atmospheric Physics Chinese Academy of Sciences, 2003
- [6] Dirmeyer P A. Assessing GCM sensitivity to soil wetness using GSWP data [J]. *J Meteor Soc Jap*, 1999, 77(1B): 367-385

- [7] Yeh T C, Wetherald R T, Manabe S. The effect of soil moisture on the short-term climate and hydrology change—A numerical experiment [J]. *Monthly Weather Review*, 1984, 112: 474-490
- [8] 王万秋. 土壤温湿异常对短期气候影响的数值模拟试验[J]. *大气科学*, 1991, 15(5): 115-123
WANG Wanqiu. Numerical experiments of the soil temperature and moisture anomalies' effects on the short term climate [J]. *Scientia Atmospherica Sinica*, 1991, 15(5): 115-123
- [9] 马驻国. 中国东部土壤湿度和区域气候变化的关系及一个土壤湿度反演模型的建立 [D]. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 1992
MA Zhuguo. Relation between soil moisture in East China regional climate change and an inverse model [D]. Beijing: Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 1992
- [10] 朱乾根, 兰红平, 沈桐立. 土壤湿度和地表反射率变化对中国北方气候影响的数值研究 [J]. *气象学报*, 1996, 54(4): 493-500
ZHU Qiangen, LAN Hongping, SHEN Tongli. Numerical study of the influence of soil moisture and surface albedo on climate of north part of China [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 1996, 54(4): 493-500
- [11] Yang S, Xu L Z. Linkage between Eurasian winter snow cover and regional Chinese summer rainfall [J]. *International Journal of Climatology*, 1994, 14(7): 739-750
- [12] Saito K, Cohen J, Entekhabi D. Evolution of atmospheric response to early-season Eurasian snow cover anomalies [J]. *Monthly Weather Review*, 2001, 129(11): 2746-2760
- [13] Yeh T C, Wetherald R T, Manabe S. A model study of the short-term climatic and hydrologic effects of the sudden snow-cover removal [J]. *Monthly Weather Review*, 1983, 111(5): 1013-1024
- [14] 章少卿. 冬春季欧亚大陆雪盖面积与我国东部气温、降水的统计关系 [J]. *科学通报*, 1985, 30(15): 1167-1170
ZHANG Shaoqing. Statistic relationship between snow cover in winter and spring and temperature precipitation [J]. *Chinese Science Bulletin*, 1985, 30(15): 1167-1170
- [15] 曾庆存, 林朝晖, 周广庆, 等. 应用气候系统动力学模式作跨季度气候预测 [C]// 中国气象学会. 大气科学发展战略: 中国气象学会第 25 次全国会员代表大会暨学术年会论文集. 北京: 气象出版社, 2002
ZENG Qingcun, LIN Zhaohui, ZHOU Guangqing, et al. Using climate dynamics model for the Extraseason short term prediction [C]// China's meteorological society. Atmospheric science development strategy: The twenty-fifth national congress and academic conference proceedings. Beijing: China Meteorological Press, 2002
- [16] 李旭. 短期气候异常的数值模拟与预测研究 [D]. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 1992
LI Xu. Short-term climate anomalies of numerical simulation and prediction [D]. Beijing: Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 1992
- [17] 王会军. 来自大气内部的季节气候可预测性初探 [J]. *大气科学*, 2005, 29(1): 64-70
WANG Huijun. Preliminary research on the inner-atmosphere-originated seasonal climate predictability [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2005, 29(1): 64-70
- [18] Wang H J, Xue F, Bi X Q. The interannual variability and predictability in a global climate model [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1997, 14(4): 554-562
- [19] 赵彦, 郭裕福. 短期气候数值预测中海温和初始场作用的敏感性试验 [J]. *应用气象学报*, 2000, 11(增刊1): 21-30
ZHAO Yan, GUO Yufu. Sensitive experiments on the fields of SST and atmospheric initial conditions of the numerical short-term climate prediction [J]. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2000, 11(sup1): 21-30
- [20] Wang H J, Matsuno T, Kurihara Y. Ensemble hindcast experiments for the flood period over China in 1998 by use of the CCSR/NIES atmospheric general circulation model [J]. *Journal of the Meteorological Research of Japan*, 2000, 78(4): 357-365
- [21] 郎咸梅, 王会军, 姜大膀. 大气初始异常在跨季度短期气候预测中作用的研究 [J]. *大气科学*, 2004, 28(2): 231-240
LANG Xianmei, WANG Huijun, JIANG Dabang. A study of the impact of initial atmospheric anomalies on extraseasonal short-term climate prediction [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2004, 28(2): 231-240
- [22] 丑纪范. 数值天气预报的创新之路: 从初值问题到反问题 [J]. *气象学报*, 2007, 65(5): 673-682
CHOU Jifan. An innovative road to numerical weather prediction: From initial value problem to inverse problem [J]. *Acta Meteorologica Sinica*, 2007, 65(5): 673-682
- [23] 官元红, 周广庆, 陆维松. 一个用于气候模式的三维变分资料同化系统: 方案设计及其检验 [J]. *大气科学学报*, 2009, 32(3): 392-404
GUAN Yuanhong, ZHOU Guangqing, LU Weisong. A three-dimensional variational data assimilation system for a climate model (AGCM): Basic scheme and tests [J]. *Transactions of Atmospheric Sciences*, 2009, 32(3): 392-404
- [24] Zhang X H. Dynamical framework of IAP nine-level atmospheric general circulation model [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1990, 7(1): 67-77
- [25] Liang X Z. Description of a nine-level grid point atmospheric general circulation model [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 1996, 13(3): 269-298
- [26] 张凤, 陈红, 林朝晖, 等. IAP AGCM-I 水平分辨率的提高及对全球和东亚区域气候的数值模拟 [J]. *气候与环境研究*, 2004, 9(2): 396-408
ZHANG Feng, CHEN Hong, LIN Zhaohui, et al. Improvement of horizontal resolutions of IAP AGCM-I and its influence on the simulations of global and East Asian climate [J]. *Climatic and Environmental Research*, 2004, 9

(2) : 396-408

Journal of Atmospheric Sciences , 1981 , 38 (12) :

[27] Shukla J. Dynamical predictability of monthly means [J].

2547-2572

The effect of the initial conditions after data assimilation on short-term climate prediction

GUAN Yuanhong^{1 2} ZHOU Guangqing² LU Weisong³

1 College of Math & Physics ,Nanjing University of Information Science & Technology ,Nanjing 210044

2 Institute of Atmospheric Physics ,Chinese Academy of Sciences ,Beijing 100029

3 College of Atmospheric Science ,Nanjing University of Information Science & Technology ,Nanjing 210044

Abstract Two numerical experiments of ensemble hindcasting for 17 years are performed with five-member ensembles in each experiment and the initial conditions are NCEP-DOE Reanalysis 2 data (adopted in real-time prediction) for experiment 1 and supplied by the system of three-dimensional variational assimilation(3D-VAR) for experiment 2. The model used here is a grid-point Atmospheric General Circulation Model with 9 vertical levels and a resolution of 2° in latitudinal and 2.5° in longitudinal direction ,which is developed by the Institute of Atmospheric Physics ,the Chinese Academy of Sciences(IAP9L2x2.5-AGCM) . The technique of Correlation Analysis is applied. Comparison results show that (1) the difference of temporal anomaly coefficient between experiment 1 and 2 is very small in tropics ,whereas it is large in middle and high latitudes ,especially in East Asia (China) ,(2) temporal anomaly coefficient of most variables in experiment 2 is bigger than that in experiment 1 in most of China region ,(3) spatial anomaly correlation of many variables have some improvement by use of the initial conditions after data assimilation(in experiment 2) ,due to the inclusion of atmospheric information for some time and the resulting coordination with dynamic model. The results demonstrate quantitatively that the role of the initial conditions on the short-term climate prediction in East Asia is more important than in the global ,what's more ,the initial conditions after data assimilation are better than that used in real-time prediction to some extent.

Key words initial conditions; data assimilation; short-term climate prediction; ensemble hindcasting