

初值协调性对模式数值积分结果的影响

李焕连^{1,2} 李清泉² 王兰宁² 董敏²

(1 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044; 2 国家气候中心, 北京 100081)

摘要 利用国家气候中心新一代全球大气环流模式 BCC_AGCM2.0.1, 考虑了初值协调性对模式数值积分结果的影响, 进行了两组数值回报试验(简称 S1, S2), 对 27 年(1980~2006 年)的夏季基本气候态进行了对比分析, 并考察了该模式对夏季气候的回报技巧。使用交叉检验的方法, 计算了对模式结果的评估参数值, 包括时间和空间距平相关系数, 对该模式性能进行了评估和检验。结果表明, BCC_AGCM2.0.1 对季节尺度的大气环流场具有良好的模拟性能, 模式基本上再现了观测位势高度场、温度场、流场的分布特征以及大尺度降水分布特征。500 hPa 位势高度、温度空间距平相关系数对比表明, 平均而言, 500 hPa 位势高度、温度的空间距平相关性, 热带区域(30°S~30°N)高于东亚区域(0°~60°N, 60°E~150°E)和全球区域。回报与观测的降水距平百分率相关系数分布对比表明, 试验 S2 在我国江淮地区及南方地区的回报技巧要明显优于 S1。

关键词 大气环流模式 季节预测 初值协调性 交叉检验

引言

气候数值模拟即利用气候模式在给定的初始条件、边界条件和外部强迫下在计算机上进行数值计算, 模拟一定的控制条件下自然界的气候状况, 求得气候及其变化的图像。20 世纪 90 年代以来, 国际上纷纷成立了专门研究机构, 开展发展数值气候预报模式来制作短期气候预报的研究计划, 长期以来在此领域取得了很大进展^[1~5]。我国在全面研究影响季节气候变化, 特别是汛期降水的各种物理因素的基础上, 也广泛研究大气环流异常与中国汛期降水的关系。中国科学院大气物理研究所早在 1989 年就开始利用气候模式开展了跨季度汛期降水距平预测, 并获得初步成功^[6], 之后中国科学院大气物理研究所建立了第 1 代短期气候预测系统(IAP PSSCA)^[7], 1998 年该系统进行了改进, 并增加了 ENSO 预测系统, 形成了第 2 代 IAP 短期气候预测系统, 以后每年利用该系统进行夏季预测, 取得了较好的效果^[8~9]。其中, 1999 年 IAP PSSCA 较好地预测出夏季北半球大尺度环流场的异常情况^[10], 在此基础上 IAP 数值气候预测系统较好的预报出 2004 年夏季我国大范围的降水和温度异常分布^[11]。

我国位于亚洲季风区, 中高纬非线性、混沌等因素复杂, 夏季旱涝灾害频繁发生, 因而夏季预测受到特别重视。对于我国汛期降水物理统计预测技术, 尽管一直是研究的重点, 并通过多年研究已经取得了明显的进展, 但仍然存在薄弱环节和技术难点^[12]。由于模式存在系统性误差以及对降水和中高纬地区的预报困难, 需要从降尺度方法、后处理技术(订正方法)、优化初始信息等方面入手提高模式预测水平^[13]。

利用气候模式对气候系统的演变进行数值试验是开展气候变化研究的重要手段。本文运用国家气候中心新一代全球大气环流模式 BCC_AGCM2.0.1 开展季节预测试验, 考虑了初值协调性对模式结果的影响, 并考察了该模式对夏季气候的回报技巧, 为进一步预测夏季温度、降水的研究工作奠定基础。

1 模式介绍、资料、试验方案设计及检验方法

1.1 模式介绍

国家气候中心新一代全球大气环流模式 BCC_AGCM2.0.1 是一个全球谱模式, 水平分辨率为 T42, 垂直方向采用混合坐标系, 共 26 层, 模式层顶

为 2.917 hPa。该模式包含一个完整的陆面模式。模式包括了辐射(长、短波辐射传输)、云、对流、陆面(植被、冰雪、土壤水分)及边界层(垂直扩散、重力波拖曳)等物理过程,考虑了大气水汽、二氧化碳含量对辐射的影响。它是在原国家气候中心全球大气环流模式(BCC_AGCM1.0)的基础上,参考 NCAR CAM3.0^[14],经过改进形成的。主要改进如下:①引进了一个新的参考大气和参考面气压,因此原模式预报量中的气温和地面气压变为它们对参考大气气温的偏差和对参考面气压的偏差;②引入了 Zhang 的新对流参数化方案^[15],同时对方案中的一些具体参数进行了调整;③采用了颜宏提出的干对流调整方案^[16];④采用了 Wu 等^[17]提出的雪盖参数化方案;⑤鉴于洋面上潜热通量计算受风速的影响较大,采用了新的潜热通量计算方案。

1.2 资料

(1)美国 NCEP/NCAR(National Centers for Environment Prediction/ National Center for Atmospheric Research)再分析(Reanalysis II)的高空资料(1980~2006 年),网格距为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

(2)美国国家能源部 PCMDI(Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison)提供的观测海表温度(SST)。

(3)降水资料为 CMAP(Climature prediction center Merged Analysis of Precipitation)^[18]提供的再分析月平均资料(1980~2006 年),分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

(4)模式输出的每月资料。

本文以 NCEP/NCAR 再分析高空资料、CMAP 降水资料作为观测资料,与模式结果进行比较验证。

1.3 试验方案设计

在回报试验中,以 PCMDI 提供的观测 SST 作为边界条件强迫 BCC_AGCM2.0.1,陆面初始场采用多年平均的气候态,大气初始场资料取自 NCEP/NCAR 的 1980~2006 年再分析高空资料,包括风场、相对湿度、高度场、温度场。由于地温、地面湿度、雪盖以及海冰等缺乏观测资料,则用模式自带的气候态代替。

本文考虑了初值协调性对模式数值积分结果的影响,分析了该模式对夏季气候的回报效果。此次进行了两组数值试验,分别对两组回报试验采用了不同大气初始场。第 1 组试验(以下简称 S1)大气初始场采用 NCEP/NCAR 再分析高空资料经水平

和垂直插值到模式网格上得到;第 2 组试验(以下简称 S2)大气初始场则是经模式从上一年的 12 月 1 日起先行积分 3 个月后得到。

模式初始积分时间为每年 3 月 1 日 00:00,每年积分 7 个月,共 27 年(1980~2006 年)的数值试验。夏季定义为当年 6~8 月 3 个月的平均。

1.4 检验方法

本文用于评估检验的要素是针对夏季(6~8 月)500 hPa 位势高度、500 hPa 温度、2 m 温度、降水,考虑了初值协调性对模式数值积分结果的影响,分析了该模式对夏季基本气候态的模拟性能及上述各气象要素的回报技巧。使用交叉检验方法,计算了对模式回报技巧的评估参数值。另外,对模式结果与观测降水的距平百分率也做了相关分析。这里包括空间和时间的距平相关系数,其公式^[19]如下:

$$R_{\text{ACC}} = \frac{\sum_{j=1}^N (\Delta R_f - \overline{\Delta R_f})(\Delta R_o - \overline{\Delta R_o})}{\sqrt{\sum_{j=1}^N (\Delta R_f - \overline{\Delta R_f})^2 \sum_{j=1}^N (\Delta R_o - \overline{\Delta R_o})^2}}$$

其中,含“f”表示模拟(或回报)值及其平均值;“o”为观测值及其平均值;若为空间距平相关系数,则 N 为相关场的样本点数, $N=128 \times 64$;若为时间距平相关系数,则 N 为试验总年数, $N=27$ 。

2 结果分析

本文考察了 BCC_AGCM2.0.1 模式对夏季基本气候场的模拟性能,包括 500 hPa 位势高度、500 hPa 温度、流场、2 m 温度、平均降水量分布,同时也分析了这些要素以及降水距平百分率的回报技巧。

2.1 位势高度场

在 S1、S2 这两组数值试验对比中从夏季(6~8 月)500 hPa 高度场(图 1,见图版)来看,基本上再现了观测位势高度场的气候特征。图 1d 为观测实况,西北太平洋上有一个 588 dagpm 以上的闭合的副热带高压单体;而试验 S1(图 1a)代表副热带高压的 588 线位置略偏北且略偏东,并与北美及大西洋上的副热带高压结合在一起;试验 S2(图 1b)西北太平洋上是一个 588 dagpm 以上的闭合的副热带高压单体,但位置较观测以及试验 S1 都要偏东得多,亦即远离亚洲大陆东岸。夏季,西北太平洋副高是影响中国天气的一个重要系统,所以更值得关注。从图 1e 及图 1f 两幅差值图上看,在南、北半球 $40^{\circ}\text{S} \sim$

60°N 纬带地区,模拟结果与观测值之间相差正负 4 dagpm 左右;而在南、北半球 60°附近,两组数值试验的结果均比观测值要低,最低为 8 dagpm;在 80°S 以南的南极大陆以及 80°N 以北的北冰洋上,回报值均比观测偏高 4 dagpm 左右。由图 1c 可看出,在 10°S~30°N 之间热带的大部分陆地地区,试验 S1 比 S2 偏高 0.25 dagpm,而在这个区域,两组试验的模式结果均比观测值要偏高,这就说明在低纬热带地区,试验 S2 的结果比 S1 略好;在北半球中高纬地区的亚洲大陆地区,以及南半球 30°S 附近,试验 S1 比 S2 的高,而两组试验的结果均比观测值要偏低,这说明在北半球中高纬亚洲大陆地区,试验 S1 的效果比 S2 的要好。

图 2(见图版)给出了全球区域 500 hPa 位势高度时间距平相关系数(ACC)的分布。本文进行了 27 年数值试验,使用了交叉检验的方法,通过 95% 的信度检验的 ACC 值为 0.3809,通过 99% 的信度检验的 ACC 值为 0.4869。从该图可看出,试验 S1 在我国 30°N 以北地区有正相关区域,在新疆中东部、甘肃北部及内蒙古西部达 0.4 以上,通过了 95% 的信度检验;然而在西藏地区及长江流域一带,预测技巧很低,这可能受青藏高原大地形的影响较大。试验 S2 对我国长江中下游地区预测技巧不高,而在西部地区,包括新疆、西藏、青海,甘肃地区有较高的正相关系数,尤其在新疆地区效果最好,相关系数高达 0.5,通过了 99% 的信度检验。

平均而言,500 hPa 位势高度空间距平相关性在热带区域(30°S~30°N)的效果好于东亚区域(0~60°N,60°E~150°E)的和全球区域的(表 1)。从表 1 中还可看出,试验 S2 在全球及热带区域的回报技巧比试验 S1 高,但在东亚地区,试验 S1 反而比 S2 高。

表 1 500 hPa 位势高度空间距平相关系数的平均情况

	全球	东亚	热带
试验 1 (S1)	0.023	0.087	0.132
试验 1 (S2)	0.071	-0.034	0.214

从东亚区域 500 hPa 位势高度 ACC 的年际变化情况(图 3a)来看,模式在不同年份的回报技巧是不同的。但总体看来,试验 S1 回报技巧高于 S2 有 16 个样本,低于 S2 的有 11 个样本。其中试验 S1 在 1983、1993、2000、2002 及 2004 年 ACC 达到 0.4,通过了 95% 信度检验。试验 S2 则在 1988、

1991、1997、2000、2004 年的 ACC 达到 0.4,即这 5 年也通过了 95% 信度检验。对比试验 S1 和 S2,在 2000 年及 2004 年,两组试验的模式回报效果都比较好,而在 2003 年则都出现比较大的负相关系数。

2.2 温度场

2.2.1 500 hPa 温度

夏季 500 hPa 温度气候场的对比(图略),试验 S1、S2 在南、北半球的中纬地区,等温线呈纬向分布。总体看来,北半球从南向北,南半球从北向南,温度逐渐降低。两个试验结果基本上符合夏季 500 hPa 温度场的分布特征。高温区主要在 15°~30°N 的东亚大陆、印度洋部分地区及部分西太平洋上。南半球 20°S 以南地区温度越向南越低,温度梯度较大。

从试验与观测的差值图(图略)总体上看,在北半球的中高纬度大部分地区,回报比观测的温度稍偏低,大约 1~2 °C。而回报与观测的最大负偏差在南半球的低纬度地区,最大达 -5 °C。而在赤道及两侧附近部分地区以及南极大陆地区,模式结果均比观测偏高。

由试验 S1、S2 的差值图(图略)看出,在东亚大陆地区,试验 S1 比 S2 的结果偏高,而东亚大陆低纬地区(10°~25°N),试验 S1、S2 结果均比观测的要高,因而在这个区域,S1 效果不如 S2 的好;但是在东亚大陆中高纬度地区(25°~60°N),试验 S1、S2 的结果低于观测的,则在这个区域是 S1 效果比 S2 好。

从表 2 可以看出,500 hPa 温度空间距平相关系数的平均情况表现出和 500 hPa 位势高度相似的特征,也是热带回报技巧明显高于全球区域和东亚地区,且在热带区域试验 S2 的比 S1 的高。然而,在全球区域试验 S1 的回报技巧则高于 S2。而在东亚地区试验 S1、S2 则分别出现了正、负相反,且绝对值大小相差不大的数值。

表 2 500 hPa 温度空间距平相关系数的平均情况

	全球	东亚	热带
S1	0.050	0.069	0.156
S2	0.038	-0.067	0.175

从东亚区域 500 hPa 温度空间 ACC 的年际变化情况(图 3b)来看,模式在不同年份的回报技巧也是不同的。但总体看来,试验 S1 高于 S2 有 16 个样本,低于 S2 的有 11 个样本,这与高度场的统计个数

相同。其中试验 S1 在 1981、1993、1999、2002 年这 4 年,ACC 达到 0.4 及以上,通过了 95% 的信度检验。对于东亚区域 500 hPa 温度空间 ACC,从试验

S2 的 ACC 看,仅在 1988 年正相关值为 0.4,从这个角度来说,试验 S2 的回报技巧比 S1 低。

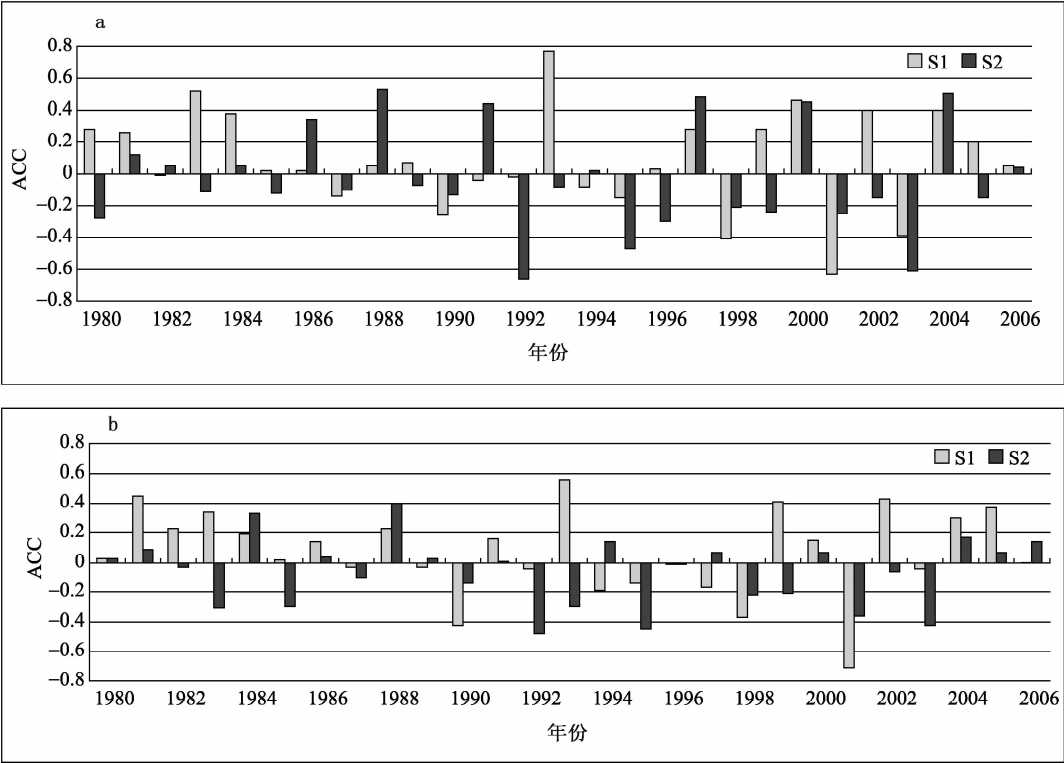


图 3 东亚 500 hPa 位势高度(a)、温度(b)空间距平相关系数(ACC)比较
(S1、S2 分别为试验 S1、S2 回报与观测)

2.2.2 2 m 参考高度气温

试验 S1、S2 整体上均模拟出了与观测类似的基本气候态的分布特征,即温度北低南高,大陆低海洋高,在 30°N 附近(80°~90°E),即喜马拉雅山脉地带出现温度低值中心,在 25°~30°N,70°~80°E 区域内存在温度高值中心(图略)。在 35°~40°N,70°~80°E 区域内,出现一个试验 S1、S2 均比观测值高的高值中心区,这个区域也正好是帕米尔高原的地理位置。在 20°N 附近,试验 S1 温度比 S2 低,而在 30°N 以北的大部分地区,试验 S1 温度高于 S2 的;仅对我国来说,在江淮大部分地区,试验 S2 效果比 S1 好,这从东亚 2 m 参考高度气温时间距平相关系数分布(图 4)也可以看出来。从图 4 还可看出,在新疆东部,试验 S2 比 S1 稍好,局部地区 ACC 达到 0.5,通过了 99% 的信度检验。

2.3 流场

图 5 给出模式回报的夏季 200 hPa 流场、位势

高度场与观测的基本气候态的对比。总体看来,试验 S1、S2 在热带地区的流场反而没有中高纬度地区好,即热带地区的流场与观测的相差稍大,这可能与热带对流加热有关,故模式对流方案的选取显得尤为重要。试验 S1、S2 均再现了亚洲 10~35°N 区域的反气旋式环流以及与之相对应的高压中心(阴影),但试验 S1、S2 的高压中心强度均比观测的要弱,且反气旋式环流中心均比观测的略偏东。在北美有一个气旋式环流,试验 S1、S2 的环流型与观测类似,但 S1 的中心位置略偏西、偏南,而 S2 则略偏西、偏北。另外,在南极洲也有一个反气旋式的环流,但 S1、S2 的中心位置偏东。在赤道太平洋两侧分别有一个弱的气旋式的环流中心和一个弱的反气旋式的环流中;在赤道以北的中太平洋有气流的汇合,而这两点在试验 S1、S2 中均没有表现出来。

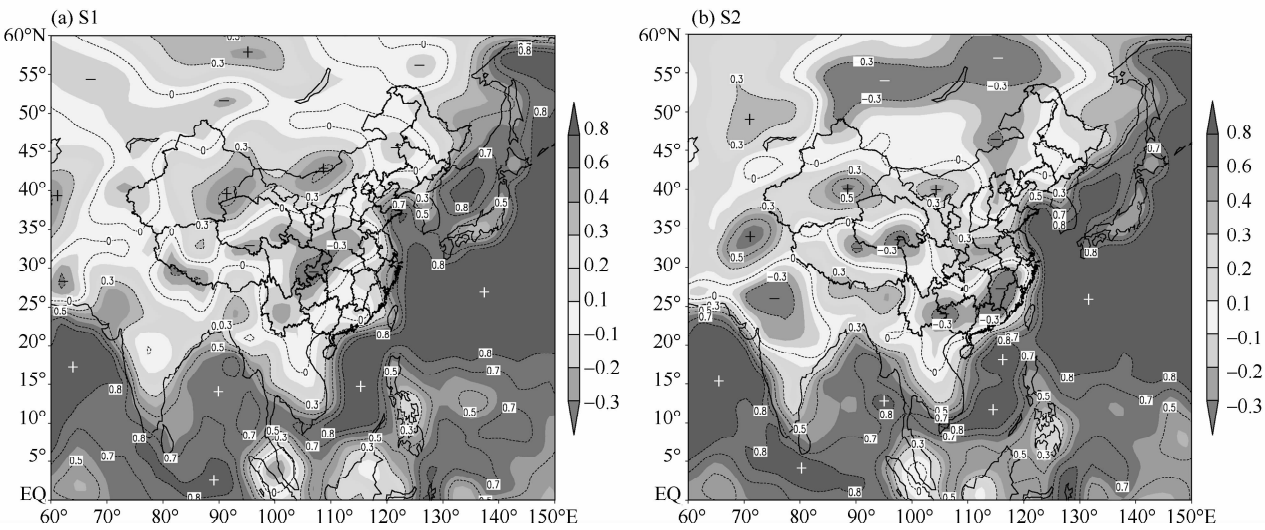


图 4 东亚 2 m 温度时间距平相关系数(ACC)对比(说明同图 2)

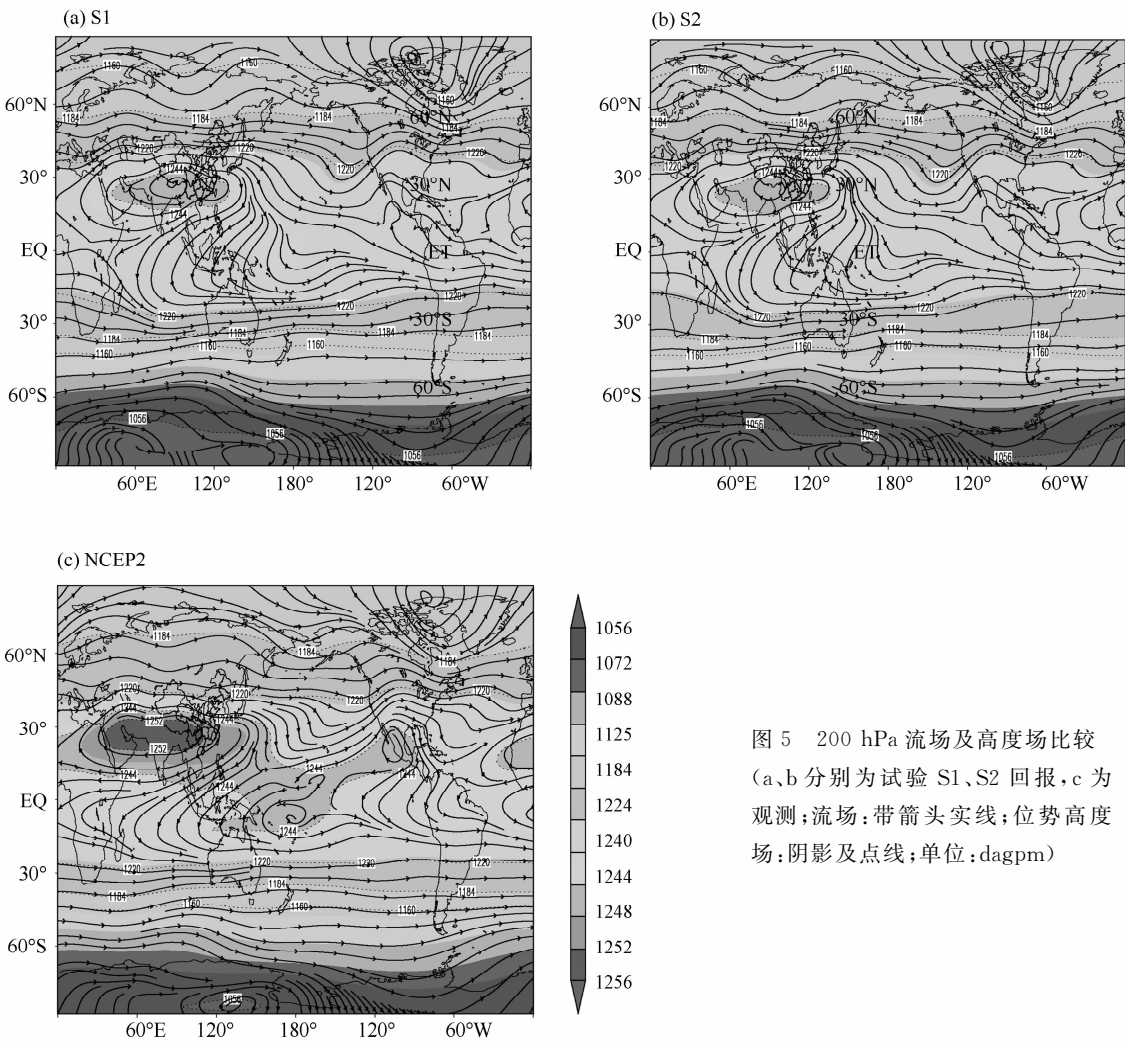


图 5 200 hPa 流场及高度场比较
(a、b 分别为试验 S1、S2 回报, c 为观测; 流场: 带箭头实线; 位势高度场: 阴影及点线; 单位: dagpm)

夏季 850 hPa 低层流场的情况(图略),在中低纬度地区很接近实际情况,但是试验 S1、S2 在亚洲高原地带的效果不太好;另外,在澳大利亚有一个气旋式环流,但试验 S1、S2 的中心位置均略偏东;对于西南印度洋、南非沿岸的气旋式环流的中心位置, S1、S2 略偏西。

2.4 降水

从夏季平均降水量分布对比(图 6,见图版)看出,夏季全球的主要雨带位于北半球的热带地区,存在两个大的降水中心:一个在孟加拉湾北部及相邻的大陆上,另一个在赤道以北的东太平洋。在赤道以北,从菲律宾群岛向东延伸到东太平洋沿岸还有一条降雨带,此雨带延伸到南美洲北侧赤道以北的大西洋,并最终伸到非洲中部。试验 S1、S2 显示,模式模拟出了大尺度的降水分布,但最大的降水中心有 3 个:①在印度半岛的西侧,②在孟加拉湾北部,③在巴拿马沿岸,而且强度均比观测的中心均要强。从降水的差值图(图 6e、f)上看出,印度半岛及其东西两侧,孟加拉湾东北部,赤道两侧的中西太平洋地区、巴拿马运河及其附近,该模式回报的夏季平均降水量均偏强;孟加拉湾北侧的恒河三角洲及其沿岸,赤道北侧的东太平洋地区则是回报的比观测的偏弱;单看我国,总体上是东南部地区偏少,西北部地区偏多。对于东亚地区,从图 6d 上显示,除中国部分地区及孟加拉湾外,试验 S1 比 S2 的偏多,尤其在大陆沿岸表现的更为明显。

降水预测的难度比较大,短期气候要素预测中,由于降水距平百分率预报值和观测值有较大差异,加上目前短期气候预测量级的预测能力较低,故业务预测中降水距平相关系数都不是很高。

从东亚降水距平百分率相关系数分布(图 7,见图版),试验 S2 在我国江淮地区、四川,以及广西、湖南、贵州 3 省的交汇处降水距平百分率的回报技巧要明显优于 S1。

3 结论

本文利用国家气候中心新一代全球大气环流模式 BCC_AGCM2.0.1 开展夏季数值回报试验,针对夏季气候进行了 27 年(1980~2006 年)的试验,并考虑了初值协调性对模式数值积分结果的影响,进行了两组数值试验,考察了该模式对夏季基本气候态的模拟性能,同时对该模式的季节回报技巧进行

了检验评估,使用了交叉检验方法,计算了对该模式结果的评估参数值,包括时间和空间距平相关系数。结果表明:

(1)BCC_AGCM2.0.1 对季节尺度的基本气候态的大气环流场具有较好的模拟能力,模式基本上能模拟出夏季基本气候态的位势高度场、温度场、流场的分布特征以及大尺度降水分布特征。

(2)在 500 hPa 位势高度、温度的空间距平相关系数对比中,平均而言,500 hPa 位势高度、温度的空间距平相关性在热带区域($30^{\circ}\text{S}\sim 30^{\circ}\text{N}$)的效果好于东亚区域($0\sim 60^{\circ}\text{N}$, $60^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{E}$)的和全球区域的。另外,在试验 S1 与 S2 的对比中,从 500 hPa 位势高度、温度的空间距平相关系数效果对比中看出,平均而言,试验 S1 的回报技巧比 S2 高;从降水距平百分率相关系数分布对比中,试验 S2 在我国江淮地区及南方部分地区的技巧要明显优于 S1。

(3)从东亚 2 m 参考高度气温时间距平相关系数分布看,试验 S2 在我国江淮大部分地区,效果比 S1 好。

(4)试验 S1、S2 在热带地区的 200 hPa 流场没有中高纬度地区效果好,即该模式在热带地区的流场与观测的相差稍大,这可能与热带对流加热有关,因而模式的对流方案的选取显得尤为重要。对于 850 hPa 低层流场来说,在中低纬度地区非常接近观测场,不足之处是试验 S1、S2 在亚洲高原地带的效果不太好。

参考文献

- [1] Ji M, Kumar A, Leetmaa A. A multiseason climate forecast system at National Meteorology Center [J]. Amer Meteor Soc, 1994, 75: 569–577.
- [2] Stern W, Miyakoda K. The feasibility of seasonal forecast inferred from multiple GCM simulations [J]. J Climate, 1995, 8: 1071–1085.
- [3] Molteni F, Buizza R, Palmer T N, et al. The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation [J]. J Roy Meteor Soc, 1996, 122: 73–119.
- [4] Masao K, Arun K, Hann-Ming H J, et al. NCEP dynamical seasonal forecast system 2000 [J]. Bull Amer Meteor Soc, 2002, 83(7): 1019–1037.
- [5] 王绍武. 美国第 25 届气候诊断与预测年会[J]. 气象科技, 2002, 30(1): 1–10.
- [6] 曾庆存, 袁重光, 王万秋, 等. 跨季度气候距平预测实验[J]. 大气科学, 1990, 14(1): 10–25.

[7] 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.

[8] 林朝晖, 李旭, 赵彦, 等. 中国科学院大气物理研究所短期气候预测系统的改进及其对 1998 年全国汛期旱涝形势的预测[J]. 气候与环境研究, 1998, 3(4): 339~348.

[9] 曾庆存, 林朝晖, 周广庆. 跨季度动力气候预测系统 IAP DCP-II [J]. 大气科学, 2003, 27(3): 289 - 303.

[10] 林朝晖, 赵彦, 周广庆, 等. 1999 年中国夏季气候的预测和检验[J]. 气候与环境研究, 2000, 5(2): 97 - 108.

[11] 陈红, 林朝晖, 周广庆. IAP 数值气候预测系统对 2004 年中国夏季气候的预测[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(1): 32 - 40.

[12] 赵振国, 刘海波. 我国短期气候预测的业务技术发展[J]. 浙江气象, 2003, 24(3): 1 - 6.

[13] 王会军, 孙建奇, 郎咸梅, 等. 几年来我国气候年际变异和短期气候预测研究的一些新成果[J]. 大气科学, 2008, 32(4): 806 - 814.

[14] Collins W D, Rasch P J, Boville B A, et al. Description of the NCAR Community Atmosphere Model (CAM3. 0) [R]. NCAR Tech notes NCAR/TN-464+STR National Center for Atmosphere Research, Boulder, Colo, 2004.

[15] Zhang Guangjun, Mu M Q. Effects of modification to the Zhang-Mcfarlane convection parameterization on the simulation of the tropical precipitation in the National Center for Atmosphere Research Community Climate Model, Version 3 [J]. Journal of Geophysical Research, 2005, 110: D09109, doi:10.1029/2004JD00517

[16] 颜宏. 复杂地形条件下嵌套细网格模式的设计(二)次网格物理过程的参数化[J]. 高原气象, 1987, 6(2): 64 - 139.

[17] Wu Tongwen, Guoxiong Wu. An empirical formula to compute snow cover fraction in GCMs [J]. Adv Atmos Sci, 2004, 21: 529 - 535.

[18] Xie P, Arkin P A. Global precipitation: a 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs [J]. Bull Amer Meteor Soc, 1997, 78: 2539 - 2558.

[19] 陈桂英, 赵振国. 短期气候预测评估方法和业务初估[J]. 应用气象学报, 1998, 9(2): 178 - 185.

Impact Analysis of Initial Matching on Numerical Integration

Li Huanlian^{1,2} Li Qingquan² Wang Lanning² Dong Min²

(1 College of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044;

2 National Climate Center, Beijing 100081)

Abstract: Considering the impact of initial matching, two groups of numerical experiments (S1 and S2) are made. The predictability of extra-seasonal short-term climate during summer is examined by the statistic cross-validation method. The results are based on the ensembles of JJA simulation carried out with the BCC Atmospheric General Circulation Model (BCC_AGCM2.0.1) developed in the National Climate Center for the years of 1980 to 2006. It is shown that the capability of the model in predicting the seasonal-scale atmospheric general circulation in the middle and low latitudes is better than that in high latitude. In general, the results also indicate that the integrated prediction agrees quite well with the observed large-scale patterns of rainfall distribution. The effect of initial matching is distinct in the experiment S1 compared with that in S2, especially in the Jianghuai region and Southern China.

Key words: general circulation model, seasonal prediction, initial matching, cross validation