

初始场和长波辐射对气候模拟的影响*

沈元芳

(中国气象科学研究院,北京 100081)

F. Baer

(Department of Meteorology, UMCP, MD20742, USA)

王超

(国家卫星气象中心,北京 100081)

摘要

对 CCM2 (T42L18) 模式运行 10 次,每次初始状态稍微变化。试验结果表明了 CCM2 模式对初始场的响应,10 次运行长波辐射(LWR)加热率的标准差在全球许多地方和谱的许多尺度上超过 10%。相似的结果也可以从云和温度的计算结果中发现。

从 CCM2 算法的 10 次运行和应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同的 LWR 算法的 3 次运行的试验比较中发现,不同 LWR 算法模式运行之间的变率比没有 LWR 算法变化的初始场作用大得多。

在 CCM2 模式中,比较应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同的 LWR 算法的气候模拟,我们发现 CCM2 和 MOR 的算法比较接近,而和 NMC 的差别较大。但三种不同的 LWR 算法 3 次运行积分结果的平均值和不同算法间的绝对差值在全球许多地方和不同尺度上的差别都超过 10%,远远大于初始场对气候模拟的作用。

关键词:初始场 长波辐射 气候模拟 加热率

引言

数值天气预报的成功使全球气候模拟成为确定地球大气气候未来状态的可选择的工具。在气候模拟中,影响气候的强迫函数,除了以海洋和陆面表示的地表过程外,LWR、短波辐射和各种对流活动也是影响气候的主要热力函数。这些以参数化形式表示的强迫过程,通过以预报方程表示的非线性相互作用传输给运动场。任何强迫项参数化的误差都会在模式的时间积分过程中逐步发展成系统性误差,严重地影响气候预报的质量。

在以上必须参数化的所有强迫函数中,辐射传输是一个有相对稳定物理基础,并对地球大气气候平衡最重要的物理过程。以前的研究,例如,Fels 和 Kaplan(1975 年)^[1],Ramanathan 等(1983 年)^[2]研究表明,模拟的模式气候对辐射传输参数化有很强的敏感性。在长期预报中,对辐射计算的精度和花费的时间必须充分考虑,辐射已加入模式制作数值预报,合理估计依赖于云分布的辐射加热、冷却的垂直和水平梯度比精确描述晴空辐射场

* 本文由国家“十五”科技攻关项目:“中国气象数值预报系统技术创新研究”(项目编号:2001BA607B)资助。
2002-03-25 收到,2002-07-10 收到修改稿。

更加重要。Luther 等(1988 年)^[3], Ellingson 等(1991 年)^[4]通过气候模式中辐射程序相互比较(ICRCCM)项目中不同辐射程序的模式输出,比较了晴空和有云情况下计算的长波和短波辐射通量以及加热、冷却率。作者^[5]曾研究过 LWR 加热(冷却)对输入变量和模式变化的敏感性。试验表明,加热、冷却率强烈地依赖于云的分布,模式的截断,模式变化(包括 LWR 算法)和地表强迫。Morcrette(1990 年,1991 年)^[6-7]研究了 ECMWF 预报系统中辐射和云辐射的性质,以及辐射传输参数化和云光学性质变化对模式预报的影响。最近沈元芳等^[8]研究了辐射参数化的变化对模式中中期和月预报的影响,试验表明,在辐射计算时间不变的情况下,一个合理的辐射参数化方案可以对模式的中期和月预报产生较显著的改进。

本文在 CCM2 模式中,着重比较了应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法的气候模拟。通过 CCM2 模式初始状态稍微变化的 10 次运行,讨论了 CCM2 模式对初始场的响应。比较了不同 LWR 算法和上述相同 LWR 算法而初始状态稍微变化的运行的结果。给出了 CCM2 模式对各种 LWR 算法的响应,比较了应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法的气候模拟,以便确定 LWR 算法对气候模拟的影响。

1 CCM2 模式对初始场的响应

众所周知,对于短期气候数值预报而言,尽管边界强迫起主要作用,但初值精度对预报结果的影响也不能忽略。颜宏(1997 年)^[9]在“关于气候预测与模拟若干问题的思考”一文中指出,解决初值资料精度不高的一条途径是在气候预报中引进集合预报方法。基于动力学模式集合预报的概率预报是数值预测走向成熟的标志之一。动力模式预测的客观性不能形而上学地理解为对未来天气的确定状况的预测。大气模式预测的客观性应当也表现为对大气运动的混沌本质的认识上。我们在 CCM2 模式的气候运行中,考虑了类似上述集合预报的想法。在积分时段上,采用了有利于减少初始状态对气候模拟影响的方式。在模式输出的分析统计上,应用了有利于提供更多信息的尺度振幅表示方法。

1.1 资料和方法

气候模拟在物理空间上的统计一般需要许多实例,任何气候统计的一个实例不能反映那个时期的气候。为了确定初始场对气候模拟的作用,我们对 CCM2 模式运行 10 次,每次只是初始状态稍微变化。初值资料取自文献[10]中的 T42 AMIP 10 年模拟(Case 389A)。10 次运行的初始时间分别为 1986 年 10 月 1 日至 10 月 10 日每日 00:00(世界时,下同)(/CSM/ccm2/389A/hist/h0285~h0286)。运行时提供 Gates(1992 年)^[11]在大气模式相互比较项目(AMIP)中应用的分析月平均 SST 资料(1978 年 12 月~1989 年 1 月),作为地表边界条件。值得注意,该资料和每年同时的气候月平均 SST 资料不同。

为使初始状态对气候模拟的影响减少到极小,先从初始日期积分至 1986 年 11 月 30 日,模式气候达到准平衡状态。然后取后 3 个月(1986 年 12 月 1 日至 1987 年 2 月 28 日)积分的结果作为模式的输出,统计 LWR 加热率、云、温度等物理量的平均和它们的标准差。分析统计的方法,通常应用尺度的位相表示(例如,500 hPa 图等),但谱的统计还可以给出尺度的振幅表示。虽然人们可以在任意选择的垂直层次图上,清楚地看到某一物

理量的地理分布,但除非某一个波占优势,否则不同尺度波的叠加将会混淆尺度分析。所以尺度的振幅表示可能是一个较好的选择。另外,振幅要比位相的变化小得多,因此少数实例就可以提供有用的情报。

1.2 气候运行的结果

图1.2分别给出了200和500 hPa,以及行星波数对高度(气压)的尺度图上,CCM2模式10次运行的后3个月(1986年12月1日至1987年2月28日)积分结果的LWR加热率平均和它们的标准差。由图1可知,200和500 hPa LWR加热率平均和它们标准差的最大值在热带地区($30^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{S}$),最大标准差在非洲中南部至印度尼西亚以东洋面以及南美巴西地区,超过了平均值的10%。CCM2气候运行在热带地区较大的变率说明了,当我们应用CCM2模式进行热带气候模拟时,会有较大的不确定性。这可能跟热带地区初值精度不高,以及云、辐射和对流等物理过程的复杂关系有关。

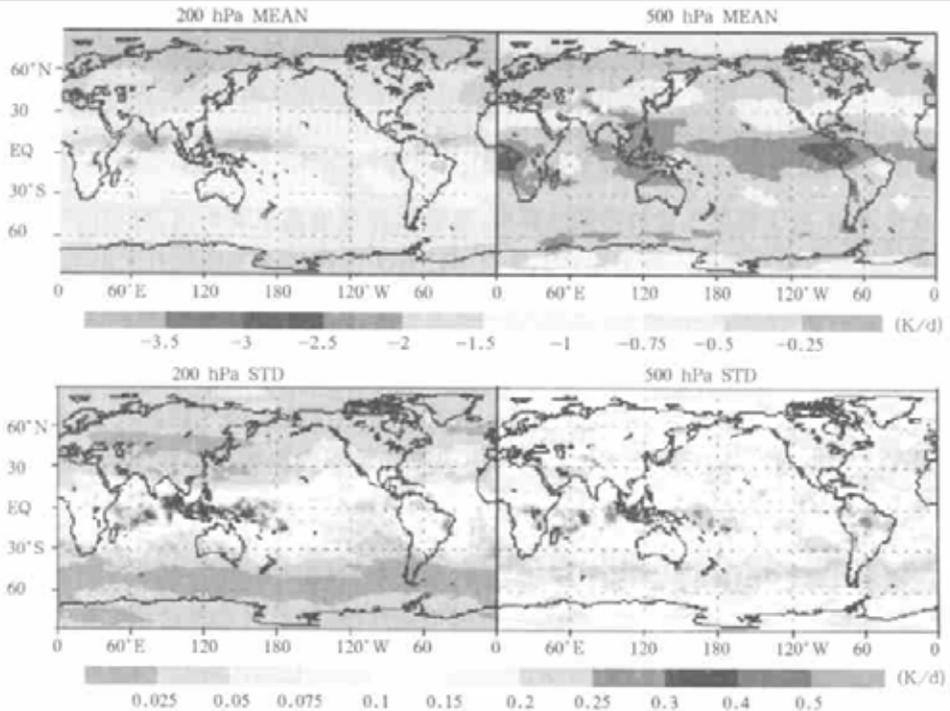


图1 200和500 hPa CCM2模式10次运行的后3个月(1986年12月1日至1987年2月28日)积分结果的LWR加热率平均和它们的标准差(单位:K/d)

在谱的尺度振幅图上(图2),我们可以清楚地看到,LWR加热率平均和它们的标准差随气压与行星波数的分布情况。振幅随纬向波数的增加迅速衰减,最大振幅发生在对流层下部800 hPa以下的超长波、长波部分。CCM2模式(T42)的纬向波数 m 可延伸至 $m=42$,但由于以上分布特点,我们在 $m=15$ 处截断了。LWR加热率的标准差在对流层下部,以及对流层顶、平流层100~200 hPa之间,谱的许多尺度上(超长波、长波部分)

超过了平均值的 10%。这说明了 LWR 加热率在对流层顶附近和对流层下部超长波、长波部分较大的变率乃是影响气候模拟的主要强迫因素之一。

由于变量之间的非线性反馈作用,相似的结果也可以从云和温度的分布中(图略)发现。但波谱分布略有不同,10 次运行的温度在平流层 200 hPa 以上、对流层下部 900 hPa 以下的超长波部分,云则在 100 ~ 200 hPa 之间的超长波、长波部分、700 hPa、900 hPa 附近的超长波部分有超过 10% 的较大变率。

CCM2 气候运行在谱的尺度振幅图上较大的变率还说明了,当我们应用 CCM2 模式进行气候模拟时,会有较大的不确定性。取 10 次运行的积分后 3 个月平均也许是一个比较好的选择,它可使初始状态对气候模拟的影响减少到较小,同时也不会因为过多的实例大量地增加计算花费的时间。

2 不同 LWR 的模式变率

为了比较不同 LWR 算法模式运行之间的变率和上述初始状态稍微变化而没有 LWR 算法变化的模式变率的差别,应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同的 LWR 算法对 CCM2 模式运行 3 次,初始资料的时间分别为 1986 年 10 月 1 日至 10 月 3 日每日 00:00,和 10 次运行的前 3 次相同。应用 3 个实例测试似乎是实际的,因为这不仅可以节省计算花费时间,而且可以从比较 3 个实例的平均和 10 个 CCM2 实例的平均中说明 LWR 算法变化的作用。同样,运行时提供 AMIP SST 资料作为地表边界条件。

2.1 不同的 LWR 方案的比较

表 1 给出了 CCM2、MOR 和 NMC 不同的 LWR 方案的比较。

表 1 中,CCM2 方案的详细描述由 Williamson 等^[12]给出。在这个方案中,使用了宽带吸收技术计算二氧化碳和臭氧的发射率和吸收率。水汽的计算应用宽带吸收方法,在整个长波域(0 ~ 2200 cm^{-1})中与其他气体叠加。

MOR 方案是 Morcrette^[6~7]根据法国 Lille 大学辐射方案发展的更新版本。在这个方案中,使用了覆盖 6 个谱区域(0 ~ 2820 cm^{-1})的宽带通量发射率方法。6 个谱区域为

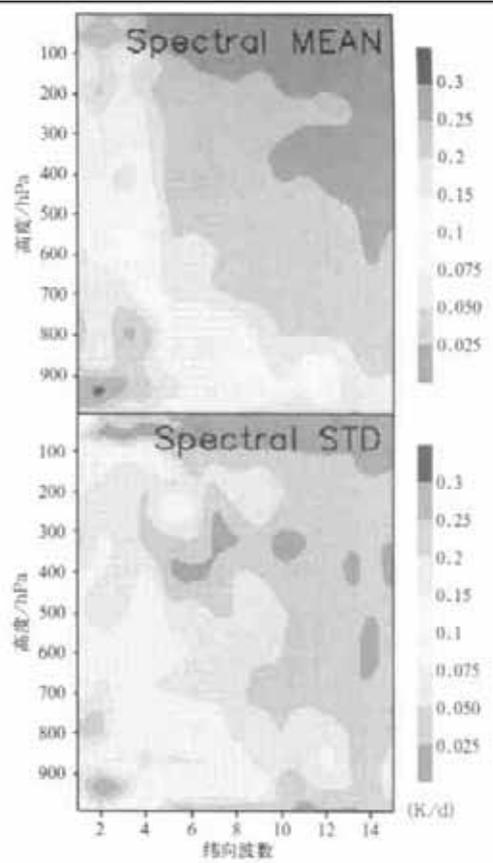


图 2 CCM2 模式 10 次运行的后 3 个月(1986 年 12 月 1 日至 1987 年 2 月 28 日)积分结果的 LWR 加热率平均和它们的标准差随气压与行星波数的分布(单位:K/d)

$0 \sim 350 \text{ cm}^{-1}$ 和 $1450 \sim 1880 \text{ cm}^{-1}$, $500 \sim 800 \text{ cm}^{-1}$, $800 \sim 970 \text{ cm}^{-1}$ 和 $1110 \sim 1250 \text{ cm}^{-1}$, $970 \sim 1110 \text{ cm}^{-1}$, $350 \sim 500 \text{ cm}^{-1}$, $1250 \sim 1450 \text{ cm}^{-1}$ 和 $1880 \sim 2820 \text{ cm}^{-1}$, 分别对应水汽的转旋和振动旋转谱带的中心, 二氧化碳的 $15 \mu\text{m}$ 谱带, 大气窗, 臭氧的 $9.6 \mu\text{m}$ 谱带, $25 \mu\text{m}$ 窗区和水汽振动旋转谱带的翼。对这些谱区域, 我们可以借助于 Morcrette 和 Fouquart (1985 年)^[13] 的窄带模式预先算好的谱带透射率计算谱带通量。吸收依赖于温度和气压, 吸收系数与 AFGL(1982 年) 一致。

NMC 方案可参见 Schwarzkopf 和 Fels^[14] 的文章。在这个方案中, 使用了覆盖 7 个谱区域 ($0 \sim 2220 \text{ cm}^{-1}$) 的宽带通量发射率方法。方案首先计算各谱域中占优势气体的吸收率, 然后通过一系列高度参数化的近似技术计算其它成分的吸收率。模式包括随同其他吸收线一起的振动旋转水汽连续域, 以及 p 型和 e 型的连续域吸收。

表 1 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同的 LWR 方案的比较

	CCM2 ^[12]	MOR ^[6,7,13]	NMC ^[14]
波 域	7 个谱域 ($0 \sim 2200 \text{ cm}^{-1}$)	6 个谱域 ($0 \sim 2620 \text{ cm}^{-1}$)	7 个谱域 ($0 \sim 2200 \text{ cm}^{-1}$)
水 汽	应用宽带吸收方法, 在整个长波域中与 CO_2 、 O_3 叠加	6 个谱域, 包括在 $350 \sim 1250 \text{ cm}^{-1}$ 中的 e -和 p -型连续域吸收	随同其他吸收线一起的振动旋转带, e -和 p -型连续域吸收
CO_2	$500 \sim 800 \text{ cm}^{-1}$ 宽带吸收技术, 吸收线的压力加宽由 Voigt 线型给出	在 3 个谱域 ($350 \sim 1250 \text{ cm}^{-1}$) 中与其他气体叠加	在 $560 \sim 760 \text{ cm}^{-1}$ 谱域中与其他气体叠加
O_3	$970 \sim 1100 \text{ cm}^{-1}$ 宽带吸收技术, 吸收线的压力加宽由 Voigt 线型给出	在 $970 \sim 1100 \text{ cm}^{-1}$ 谱域中与其他气体叠加	在 $1000 \sim 1081 \text{ cm}^{-1}$ 谱域中与其他气体叠加
气溶胶	忽略	应用发射率公式的吸收作用	忽略
云	虽然云的宽带发射率是液态水路径的一个负指数函数, 但缺省值为 1	虽然云的发射率是液态水路径的函数, 但缺省值为 1	发射率的缺省值对低、中云为 1, 对高云热带地区为 0.6, 对高云极地地区为 0.3, 其他由模式确定
云的形成	输入云量, 各层云在垂直方向上随机叠加	输入云量, 各层云在垂直方向上随机叠加	输入低、中、高云的云顶、云底和云量

2.2 不同 LWR 方案比较的结果

图 3 给出了 CCM2 模式 10 次运行和应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法的 3 次运行的后 3 个月 (1986 年 12 月 1 日至 1987 年 2 月 28 日) 积分结果的 LWR 加热率平均的绝对差随气压与行星波数的分布。由图可见, CCM2 10 次运行和 MOR 3 次运行之间的较大绝对差 (图 3a) 发生在对流层顶附近 $100 \sim 200 \text{ hPa}$ 之间、对流层上部 $200 \sim 300 \text{ hPa}$ 之间、以及对流层下部 900 hPa 以下的超长波、长波部分。最大绝对差为 0.07 K/d 以上, 发生在对流层上部至对流层顶附近的超长波 ($m=1 \sim 3$) 部分。CCM2 10 次运行和 NMC 3 次运行之间的较大绝对差 (图 3b) 发生在对流层顶附近 $100 \sim 200 \text{ hPa}$ 之间、以及对流层下部 $700 \sim 900 \text{ hPa}$ 之间的超长波、长波部分。最大绝对差也为 0.07 K/d 以上, 但发生在对流层下部至对流层顶附近的超长波 ($m=1 \sim 3$) 部分, 范围比 CCM2 和 MOR 之间的绝对差要大。CCM2 10 次运行和 3 次运行之间的绝对差 (图 3c) 则小多了, 最大绝对差仅为 $0.01 \sim 0.03 \text{ K/d}$, 发生在对流层下部 700 hPa 以下范围很小的超长波 (m

=1~3)部分。从以上分析可知,图 3c 应用相同的 CCM2 算法,它们的绝对差反映了初始场的作用,而图 3a、b 反映了依赖于算法选择的变率。

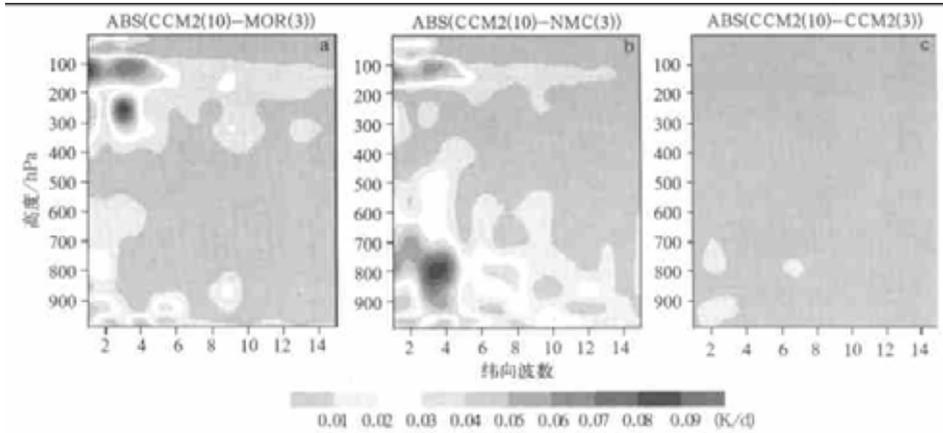


图 3 CCM2 模式 10 次运行和应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法 3 次运行的后 3 个月(1986 年 12 月 1 日至 1987 年 2 月 28 日)积分结果的 LWR 加热率平均的绝对差随气压与行星波数的分布(单位:K/d)

变量之间的非线性反馈作用可以从云和温度平均的绝对差分布中(图略)看到。但波谱分布略有不同,温度在 CCM2 10 次运行和 MOR 3 次运行之间的最大绝对差发生在对流层顶附近以及对流层下部 900 hPa 以下的超长波部分;在 CCM2 10 次运行和 NMC 3 次运行之间的最大绝对差发生在对流层顶附近的超长波部分和对流层下部 800 hPa 以下的超长波、长波部分,范围和强度都要比 CCM2 和 MOR 之间的绝对差要大。云在 CCM2 10 次运行和 MOR 3 次运行之间的最大绝对差发生在对流层上部的超长波部分,在 CCM2 10 次运行和 NMC 3 次运行之间的最大绝对差发生在对流层顶附近和对流层下部 900 hPa 以下的超长波部分,范围和强度也要比 CCM2 和 MOR 之间的绝对差要大。而云和温度在 NMC 10 次运行和 3 次运行之间的绝对差则小多了。

因此我们从 CCM2 算法的 10 次运行和应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同的 LWR 算法的 3 次运行的试验比较中可以清楚地看到,不同 LWR 算法模式运行之间的变率比没有 LWR 算法变化的初始场作用大得多。

3 CCM2 模式对各种 LWR 算法的响应

确定了运行不同 LWR 算法气候统计的意义,就可以比较应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法的积分。因为我们只有应用 MOR 和 NMC 算法的 3 个实例,所以本文也只给出 CCM2 算法 3 个实例的平均场,初始时间和运行方法和上节完全相同。图 4 表示了 500 hPa LWR 加热率 3 个实例(应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法 3 次运行的积分结果)的平均场和不同 LWR 算法相互间的绝对差。可以发现,CCM2 和 MOR 的算法比较接近,只在南半球高纬地区有较大的差别。而它们和 NMC 的差别,则

在北半球高纬、热带和南半球高纬大范围地区有较大的差别。但三种不同 LWR 算法 3 次运行积分结果的平均场及其与不同 LWR 算法的绝对差值在全球许多地方的差别都超过 10%，远远大于模式的气候变率。

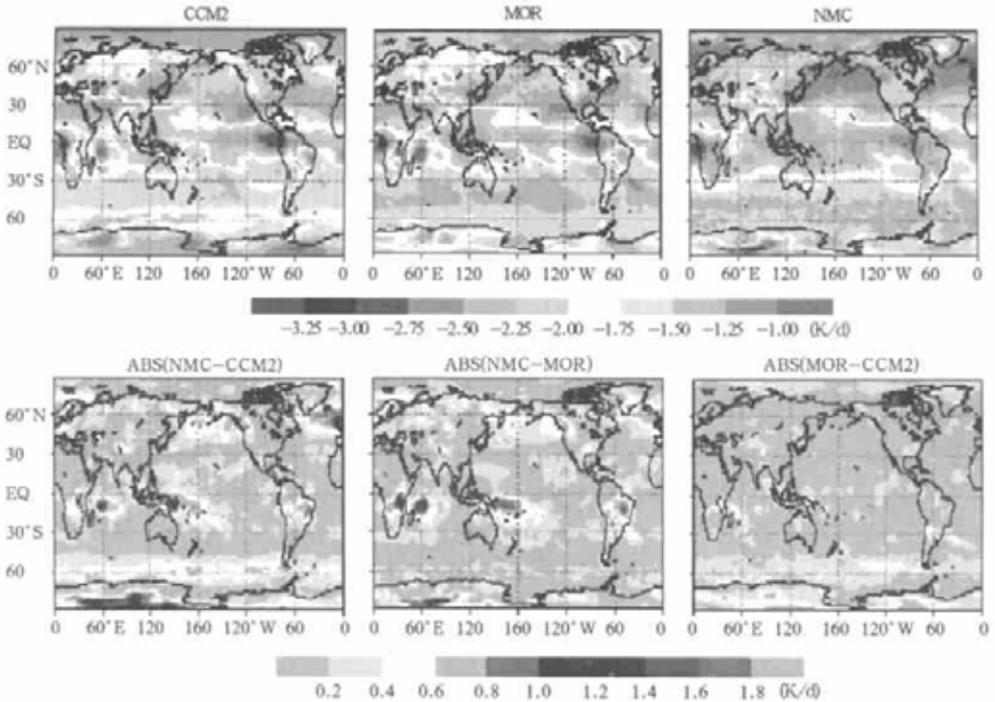


图 4 500 hPa CCM2 模式应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法 3 次运行的后 3 个月(1986 年 12 月 1 日至 1987 年 2 月 28 日)积分结果的 LWR 加热率平均和它们相互间的绝对差(单位:K/d)

LWR 算法对温度场的影响可以从图 5 中看到。它描述了对流层顶附近 200 hPa 温度 3 个实例的平均场和不同 LWR 算法相互间的绝对差。可以发现,CCM2 和 MOR 的算法比较接近,只在南半球高纬地区有较大的差别,而它们和 NMC 却有较大的差别:CCM2 和 NMC 的最大差别主要在南、北半球高纬地区,其次在热带地区。MOR 和 NMC 的最大差别主要在北半球高纬地区,其次在南半球高纬地区。但所有的计算结果在全球许多地方的差别都超过 10%,远远大于初始场的作用。如果对比 100 和 250 hPa 温度场(图略),我们可以看到,平流层 100 hPa 温度分布的主要特点是热带地区高,南、北半球高纬地区低,而对流层 250 hPa 温度分布的主要特点相反。由于 LWR 算法对对流层顶高度的影响,使得 CCM2 算法的 200 hPa 温度分布呈现出对流层特点;MOR 算法的 200 hPa 温度在北半球、热带地区分布也是呈现出对流层特点,但南半球高纬地区的温度已升高到和热带地区一样;而 NMC 算法反映了 LWR 算法对温度场的极端响应,200 hPa 温度场分布倒置,和 CCM2、MOR 不同,已呈现出平流层特点。因此,不同 LWR 算法对 200 hPa 温度场分布的影响是造成上述较大差别的主要原因。

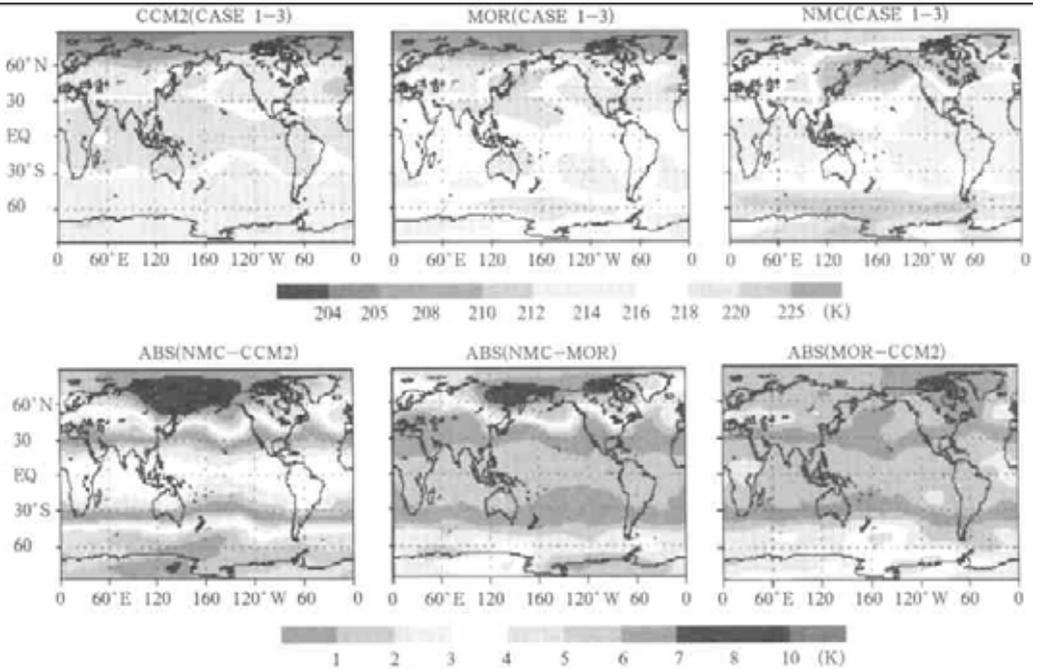


图5 200 hPa CCM2 模式应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同 LWR 算法
3 次运行的后 3 个月(1986 年 12 月 1 日至 1987 年 2 月 28 日)积分结果的
温度平均和它们相互间的绝对差(单位:K)

CCM2 模式对各种 LWR 算法的响应也反映在边界层上。我们从地表和模式顶净的向上长波通量 3 个实例的平均场和不同 LWR 算法相互间的绝对差(图略)可以看到,它们相互间有较大的差别,特别模式顶净的向上长波通量(OLR)在热带地区的非洲中南部至印度尼西亚以东洋面以及南美巴西地区的差别远远超过了它们平均值的 10%。毫无疑问,这种差别将会对气候模拟产生重大影响。

LWR 加热率的尺度敏感性可以从图 6 中看到,它描述了 3 个实例 LWR 加热率的平均场和不同 LWR 算法相互间的绝对差随气压与行星波数的分布。可以发现,CCM2 和 MOR 较大的差别发生在对流层顶附近 100~200 hPa 之间,对流层上部 200~300 hPa 之间,以及对流层下部 900 hPa 以下的超长波、长波部分,最大绝对差为 0.07 K/d 以上,发生在对流层上部至对流层顶附近的超长波($m=1\sim 3$)部分。CCM2 和 NMC 的较大的差别发生在对流层下部 700 hPa 以下的超长波、长波部分,其次在对流层顶附近 100~200 hPa 之间的超长波($m=1\sim 3$)部分,最大绝对差为 0.07 K/d 以上,发生在对流层下部 700 hPa 以下的超长波、长波部分。MOR 和 NMC 的较大差别也发生在对流层下部 700 hPa 以下的超长波、长波部分,其次在对流层上部 200~300 hPa 之间的超长波、长波部分,最大绝对差为 0.07 K/d 以上。但各种计算结果在谱的许多尺度上差别都超过 10%,远远大于初始场对气候模拟的作用。

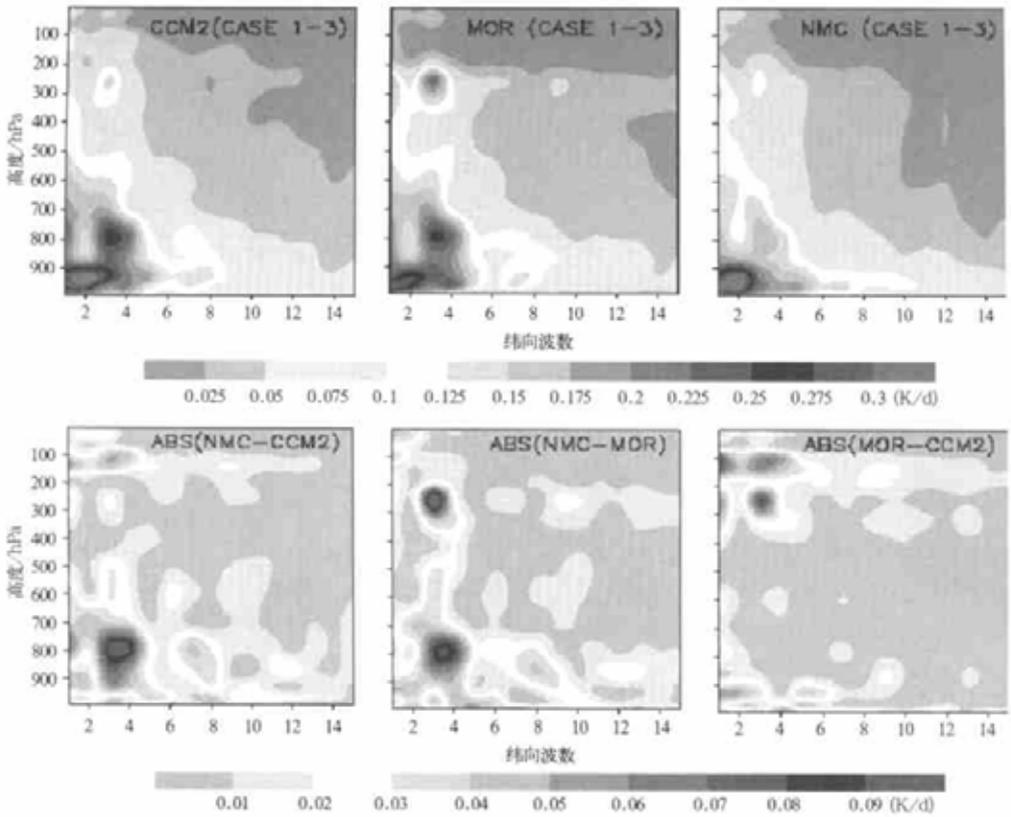


图6 CCM2模式应用CCM2、MOR和NMC三种不同LWR算法3次运行的后3个月(1986年12月1日至1987年2月28日)积分结果的LWR加热率平均和它们相互间的绝对差随气压与行星波数的分布(单位:K/d)

4 结 论

在诸多影响气候的强迫函数中,LWR对气候模拟有显著的作用,LWR加热、冷却率包括在模式的热力学(温度)预报方程中,通过改变大气中局地温度直接影响气候变化。本文在CCM2模式中,通过初始状态稍作变化的10次运行,讨论了CCM2模式对初始场的响应,并着重比较了应用CCM2、MOR和NMC三种不同LWR算法的3个实例,表明了LWR算法对气候模拟的重大影响。以下给出本文的几点结论:

(1) 气候模拟在物理空间上的统计一般需要许多实例,任何气候统计的一个实例不能反映那个时期的气候。CCM2模式初始状态稍作变化的10次运行的LWR加热率、温度和云等物理量的标准差在全球许多地方和谱的许多尺度上有超过10%的较大变率。

(2) 我们从CCM2算法的10次运行和应用CCM2、MOR和NMC三种不同的LWR算法的3次运行的试验比较中可以清楚地看到,不同LWR算法模式运行之间的变率比没有LWR算法变化的初始场作用大得多。由此可见,LWR算法比初始状态对气候模拟

的影响更大。

(3) 在 CCM2 模式中,比较应用 CCM2、MOR 和 NMC 三种不同的 LWR 算法的气候模拟,我们发现 CCM2 和 MOR 的算法比较接近,而和 NMC 的差别较大。但各种计算结果在全球许多地方和不同尺度上的差别都超过 10%,远远大于初始场的作用。毫无疑问,这种差别将会对气候模拟产生重大影响。

以上结论是在 CCM2 模式中运行的结果,由于 LWR 算法依赖于模式变化^[5],进一步试验有待于不同的模式。例如,我们还可以在 ECMWF、NCEP 或 NASA 的模式中进行。

参 考 文 献

- 1 Fels S B, Kaplan L D. A test of role of long wave radiative transfer in a general circulation model. *J. Atmos. Sci.*, 1975, **32**: 779 ~ 789.
- 2 Ramanathan V, Pitcher E J, Malone R C, et al. The response of a spectral general circulation model to refinements in radiative processes. *J. Atmos. Sci.*, 1983, **40**: 605 ~ 630.
- 3 Luther F M, Ellingson R G, Fouquart Y, et al. Intercomparison of radiation codes in climate models (ICRCCM): Long-wave clear-sky results—A workshop summary. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 1988, **69**: 40 ~ 48.
- 4 Ellingson R G, Ellis J, Fels S B. The intercomparison of radiation codes used in climate models: Long wave results. *J. Geophys. Res.*, 1991, **96**: 8929 ~ 8953.
- 5 沈元芳, Baer F. 全球气候模式对辐射强迫的响应. *应用气象学报*, 1997, 8(增刊): 78 ~ 86.
- 6 Morcrette J, J. Impact of changes to radiation transfer parameterization plus cloud optical properties in the ECMWF model. *Mon. Wea. Rev.*, 1990, **118**: 847 ~ 873.
- 7 Morcrette J, J. Radiation and cloud radiative properties in the ECMWF forecasting system. *J. Geophys. Res.*, 1991, **96**: 9121 ~ 9132.
- 8 沈元芳, 伊兰, 陈谊, 等. 辐射参数化的变化对模式中期和月预报的影响. *应用气象学报*, 2002, **13**(3): 299 ~ 311.
- 9 颜宏. 关于气候预测与模拟若干问题的思考. *应用气象学报*, 1997, 8(增刊): 6 ~ 14.
- 10 Williamson G S. CCM2 Datasets and Circulation Statistics. NCAR/TN-391 + STR, 1993. 23 ~ 29.
- 11 Gates W L. AMIP: The atmospheric model intercomparison project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1992, **73**: 1962 ~ 1970.
- 12 Williamson D L, Kiehl J T, et al. Description of the NCAR Community Climate Model. NCAR/TN-382 + STR, 1993. 46 ~ 61.
- 13 Morcrette J, J, Fouquart Y. On systematic errors in parameterized calculations of long wave radiation transfer. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 1985, **111**: 691 ~ 708.
- 14 Schwarzkopf M D, Fels S B. The simplified exchange method revisited: An accurate, rapid method for computation of infrared cooling rates and fluxes. *J. Geophys. Res.*, 1991, **96**: 9075 ~ 9096.

IMPACT OF INITIAL FIELD AND LONG WAVE RADIATION ON CLIMATE MODELING

Shen Yuanfang

(*Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081*)

F. Baer

(*Department of Meteorology, UMCP, MD20742, USA*)

Wang Chao

(*National Satellite Meteorological Center, Beijing 100081*)

Abstract

Ten realizations of CCM2 (T42L18) with only slight variations in the initial states have been carried out. The results reveal the response of CCM2 to the initial field, and it is evident that there is substantial variability in the runs, with deviations in many places on the globe and various spectral scales being in excess of 10%. Similar results are found for clouds and temperature. Comparing ten CCM2 algorithm runs with three runs using CCM2, MOR and NMC algorithms, it is evident that the climate simulations for the runs with different algorithms show much larger variability from one another than that for the initial field without changes of LWR algorithms. Comparing the modeling results using the CCM2, MOR and NMC algorithms in the CCM2 model, it can be seen immediately that CCM2 and MOR runs are closer to one another than to the NMC run. Nevertheless, the differences on all charts exceed 10% in many places on the globe, which are far above the impact of the initial field on climate modeling.

Key words: Initial field Long-wave radiation Climate modeling Heating rates