

中国 600 个站气温和 IPCC 模式产品气温的比较^①

施小英 徐祥德 徐 影

(中国气象科学研究院,北京 100081)

提 要

利用中国 600 个站 1961~2000 年的月平均气温和 IPCC 提供的 7 个全球海气耦合模式 (CCC、CCSR、CSIRO、DKRZ、GFDL、HADL、NCAR) 在同样时段只考虑 CO₂ 等温室气体的影响的气温产品,进行了对比分析。结果表明:(1)IPCC 模式对中国区域气温有一定的模拟能力,考虑总体情况,HADL 模式模拟效果最好,依次是模式 CCSR、DKRZ、7 个模式平均、模式 CSIRO、NCAR、CCC、GFDL;(2)低纬度地区比中纬度地区和高纬度地区、中部地区比东部地区和西部地区的模式产品模拟效果更接近于中国 600 站的实况,另外中纬度地区模拟的效果好于高纬度地区,东部地区模拟效果好于西部地区;(3)中国 600 个站的气温与 IPCC 模式的气温产品在中国区域都有上升的趋势,与全球气候变暖的趋势相一致。

关键词: 气温对比 中国区域 IPCC 模式产品

引 言

近些年来,科学家们用全球海气耦合模式研究人类活动对气候影响有了进一步发展。与以前不同的是更多的考虑了人类活动对近百年全球气候变化的影响。即在模式做近百年气候变化的模拟中加入了 CO₂ 等温室气体和硫化物气溶胶的作用,从而用模式模拟的近百年气候变化与观测的气候变化做对比,一方面可以分析模式的可靠性,另一方面可以检测人类活动对近百年气候变化的影响^[1~4]。赵宗慈、丁一汇等曾对 5 个海气耦合模式 (DKRZ OPYC, DKRZ LSG, NCAR, GFDL, HADL) 进行评估,表明各个模式对东亚和中国区域的气候都有一定的模拟能力^[5],另外徐影、丁一汇等利用近 30 年 (1961~1990) 观测资料,对 IPCC 提供的 5 个全球

海气耦合模式 (ECHAM4、HADCM2、GFDL、CGCM1、CSIRO) 在同样时段只考虑 CO₂ 等温室气体的影响和既有 CO₂ 等温室气体又有气溶胶的影响对东亚地区气候变化进行了检测,结果表明两种情形下,上述 5 个模式对东亚和中国区域的气候都有一定的模拟能力^[6]。

过去不少人曾对全球海气耦合模式进行过检验,但多侧重于整个东亚地区,而本文先将 IPCC 数据分发中心提供的 7 个模式产品的格点资料插值到中国 600 个站的离散点上,然后再将模式产品与 600 个站的观测实况进行对比分析,主要考虑的是中国区域。因此,本文将从经向分布、纬向分布、不同纬度带、经度带 40 年的年际变化、中国区域的空间分布几个方面对上述 7 个模式中国区域

① 本文得到全球变化自然科学基金预研究的资助。

的模拟结果与中国 600 个站实况进行对比分析,检验它们对中国区域气温模拟的可靠性,这是十分有必要的。

1 资料和方法

(1)中国 600 个站 1961~2000 年月平均气温;(2)IPCC 7 个全球海气耦合模式,即加拿大气候中心模式(CCC)、日本气候系统研究中心模式(CCSR)、澳大利亚联邦科学与工业研究组织大气研究所模式(CSIRO)、德国马普气象研究所模式(DKRZ)、美国普林斯顿大学地球物理流体动力学实验室模式(GFDL)、英国气象局哈得莱中心模式(HADL)及美国国家大气科学研究中心模式(NCAR)^[7],同样时段只考虑 CO₂ 等温室气体影响模拟的气温资料。应用非线性三次线段插值^[8,9]将 IPCC 模式产品气温资料插值到离散点(600 站)上。

2 中国区域气温的经向、纬向分布

600 个站分布范围为 16.50~52.58°N、75.14~132.58°E,相邻两个纬度(经度)之间所有站(包括前一纬度或经度)的平均值作为前一个纬(经)圈的值。图 1a、b 分别给出中国 600 个站年平均气温、IPCC 7 个模式的年

平均气温及 7 个模式平均的年平均气温的经向、纬向分布,其中 sta600 代表中国 600 个站。表 1、表 2 分别给出模式产品与实况的经向分布、纬向分布的偏差范围。

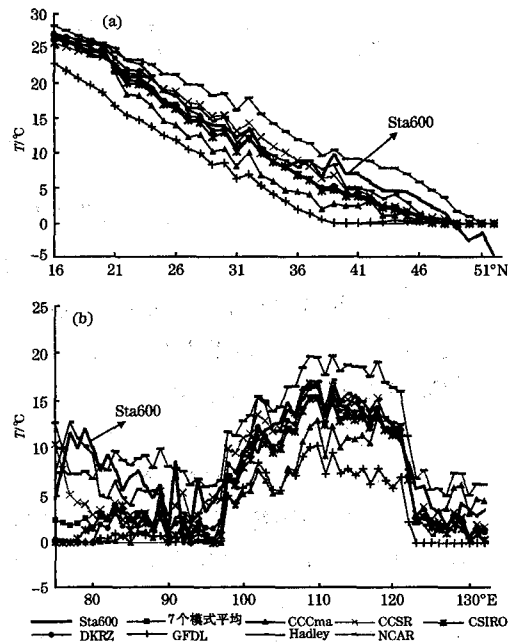


图 1 中国 600 个站、7 个模式平均、7 个模式的年平均气温的经向(a)、纬向(b)分布

表 1 经向分布偏差范围(单位:°C)

模式名称	7 模式平均	CCC	CCSR	CSIRO	DKRZ	GFDL	HADL	NCAR
A 偏差	-0.92~0.70	-3.82~1.97	-1.03~2.66	-1.76~1.20	-0.77~1.79	6.14~-3.91	0.16~2.29	1.41~5.19
B 偏差	-4.55~0.05	-6.84~-2.83	-2.88~2.15	-4.81~0.18	-4.36~0.27	-9.54~-4.66	-2.04~1.25	0.76~5.42
C 偏差	-3.26~4.43	-4.57~4.43	-2.31~4.43	-3.52~4.43	-3.03~4.43	-7.02~4.43	-2.26~4.43	1.28~4.43

A 代表 30°N 以南, B 代表 30~40°N 之间, C 代表 40°N 以北

表 2 纬向分布偏差范围(单位:°C)

模式名称	7 模式平均	CCC	CCSR	CSIRO	DKRZ	GFDL	HADL	NCAR
A 偏差	-9.42~2.6	-12.01~2.14	-7.49~5.67	-11.6~1.87	-12.01~2.48	-12.01~1.01	-5.92~3.24	-4.46~7.97
B 偏差	-2.85~2.24	-7.32~-2.01	-0.73~3.89	-2.88~1.49	-2.26~2.62	-7.29~-1.13	0.93~5.71	1.45~5.84
C 偏差	-3.45~1.85	-4.59~4.72	-2.79~2.08	-3.49~0.86	-3.01~1.64	-8.33~-1.18	-3.42~1.72	1.06~6.26

A 代表 100°E 以西, B 代表 100~113°E 之间, C 代表 113°E 以东

从图 1a 中可以看出 IPCC 模式产品气温的经向分布与 600 个站气温实况是比较一致的,年平均气温随着纬度递减,即“南高北低”的形势。将 600 站分布的纬度范围分成低纬地区(30°N 以南)、中纬地区(30~40°N 之间)、高纬地区(40°N 以北),结合图 1a 和表 1 可得出:(1)低纬地区所有模式产品气温

都比中纬、高纬地区的更接近于中国 600 站的实况;中纬地区 7 个模式的平均、模式 CCSR、CSIOR、DKRZ、HADL 的产品气温比高纬地区的更接近于 600 站的实况,模式 CCC、GFDL、NCAR 则相反;(2)低纬地区与 600 站实况最为接近的是 IPCC 7 个模式模拟的气温,依次是模式 DKRZ、CSIRO、CCSR

、HADL、CCC、NCAR、GFDL;(3)中纬地区与实况气温最接近的是 HADL 模式模拟的气温,依次是模式 CCSR、DKRZ、7 个模式平均和 CSIRO 模式、NCAR、CCC、GFDL,高纬地区与中纬地区一样。

从图 1b 中可知模式产品与 600 个站实况纬向分布比较相似,都呈“东西两头低中间高”的分布形势。将 600 站分布的经度范围分成西部地区(100°E 以西)、中部地区(100~113°E 之间)、东部地区(113°E 以东),结合图 1 b 和表 2 分析可得出:(1)总体上中部地区模式的气温产品与中国 600 站的气温实况最为接近,其次是东部地区,西部地区偏差最大;(2)西部地区与 600 个站实况最为接近的是模式 HADL,依次是模式 NCAR、CCSR、7 模式平均、CSIRO、DKRZ、CCC、GFDL;(3)

中部地区与 600 个站实况最为接近的是模式 CCSR,依次是模式 HADL、DKRZ、7 模式平均、模式 CSIRO、NCAR、CCC、GFDL;(4)东部地区与 600 个站实况最为接近的是模式 CCSR,依次是模式 DKRZ、7 个模式平均、CSIRO、HADL、CCC、NCAR、GFDL。

3 不同纬度带、经度带气温的年际变化

为了更全面的比较 IPCC 模式产品与中国 600 站的实况,把中国区域分成 3 个纬度带和 3 个经度带,分别为低纬地区(30°N 以南),中纬地区(30~40°N 之间),高纬地区(40°N 以北)、西部地区(100°E 以西),中部地区(100~113°E 之间),东部地区(113°E 以东),分别统计各区域的年平均气温并绘制成曲线,如图 2 所示,同时还计算了各区域模式产品与 600 站实况的偏差,见表 3。

表 3 不同纬度带、经度带气温年际变化偏差范围(单位:℃)

模式名称	7 模式平均	CCC	CCSR	CSIRO	DKRZ	GFDL	HADL	NCAR
低纬	-0.92~-0.52	-3.48~-1.37	0.58~2.27	-1.54~0	-0.03~1.66	-7.17~-3.87	0.33~2.73	1.74~5.11
中纬	-2.73~-0.9	-5.73~-3.31	-0.65~1.57	-2.76~-0.93	-2.15~-0.65	-7.82~-5.22	-1.05~1.17	1.48~4.95
高纬	-3.31~-1.38	-4.89~-1.87	-3.15~-0.88	-4.2~-1.29	-3.56~-0.98	-6.16~-3.45	-2.66~-0.17	0.36~4.65
西部	-3.64~-2.34	-5.8~-3.96	-2~-0.15	-4.55~-2.66	-3.95~-2.45	-5.61~-3.72	-2.27~-0.48	0.97~3.65
中部	-2.05~-0.48	-6.4~-3.69	-0.38~0.47	-2.26~-0.57	-1.23~0.45	-7.23~-4.38	0.37~1.78	0.93~4.53
东部	-1.7~-0.06	-3.02~-0.44	-0.83~1.61	-2.14~-0.28	-1.56~0.68	-6.67~-4.81	-0.91~1.82	1.68~5.56

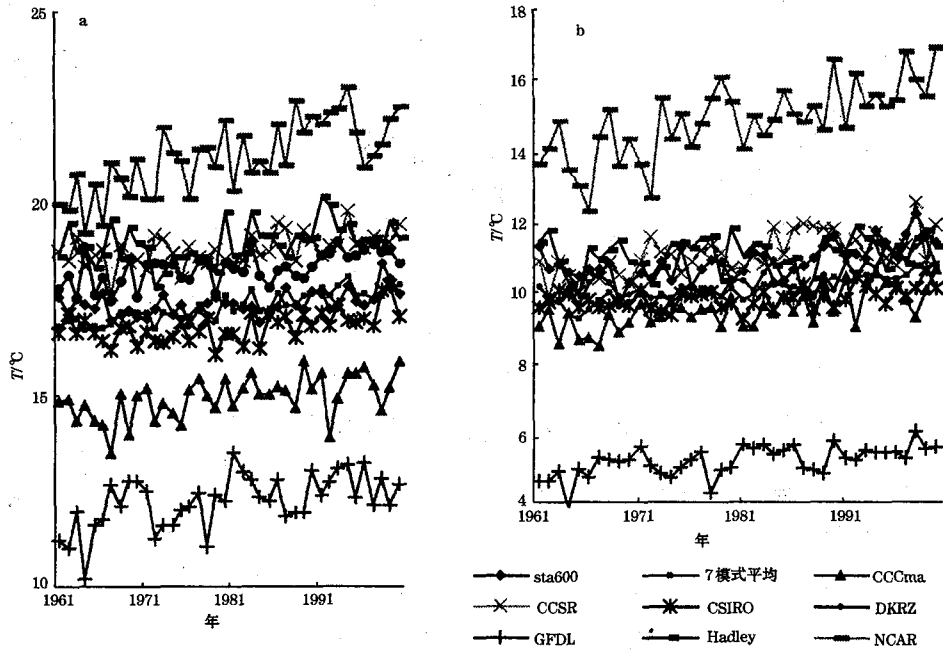


图 2 低纬地区(a)、东部地区(b)中国 600 个站、7 个模式平均、7 个模式的年平均气温的变化

从图2(只给出低纬地区和东部地区的图,其它地区省略)中可以看出各个纬度带、经度带气温的年际变化都有上升的趋势。结合图2和表3分析可得(1)在低纬、中纬、高纬三个地区中,低纬地区IPCC模式产品与600站的实况最为接近,其次是中纬地区,偏差最大是高纬地区,而西部、中部和东部地区中,西部地区与实况偏差最大,总体上东部地区略好于中部地区。(2)低纬地区与实况最接近的是7个模式平均,依次是模式CSIRO、DKRZ、HADL、CCSR、CCC、NCAR、GFDL;(3)中纬地区与实况最接近的是模式HADL,依次是模式CCSR、DKRZ、7个模式平均、CSIRO、NCAR、CCC、GFDL;(4)高纬地区与实况最为接近的是模式HADL,依次是模式CCSR、NCAR、7个模式平均、CSIRO、CCC、GFDL;(5)西部地区与实况最接近的是模式CCSR,依次是模式HADL、NCAR、DKRZ、7个模式平均、CSIRO、GFDL、CCC;(6)中部地区与实况最接近的是模式DKRZ,依次是模式CCSR、HADL、7个模式平均、CSIRO、NCAR、CCC、GFDL;(7)东部地区与实况最接近的是模式CCSR,依

次是模式HADL、DKRZ、7个模式平均、CSIRO、CCC、NCAR、GFDL。

4 中国区域的年平均气温空间分布

通过逐一对比分析中国600个站、IPCC模式产品中国区域的年平均气温空间分布,可以得出各个模式基本上模拟出中国地面气温南方高、北方低及温度由南向北递减的变化,另外得出模式HADL模拟的中国范围的年平均气温与中国600个站的年平均气温实况最为接近。图3只给出中国600个站年平均气温实况和模式HADL中国区域的年平均气温空间分布图,其它图略。从图3中可以看出模式HADL模拟的中国区域年平均气温与中国600个站年平均气温实况的分布形势比较一致,基本上模拟出了温度场的主要特征,即区域北部冷,南部与东南部暖,尤其是105°E以东地区模拟的效果与实况比较吻合,高原及高原东部地区模拟的效果比较差,这可能与高原地形和高原上站点少有关。模拟的大小值中心的位置与实况有偏离,如实况在高原的东部四川、云南交界靠云南一侧有一大值中心,而模式HADL模拟的大值中心偏北,位于四川。

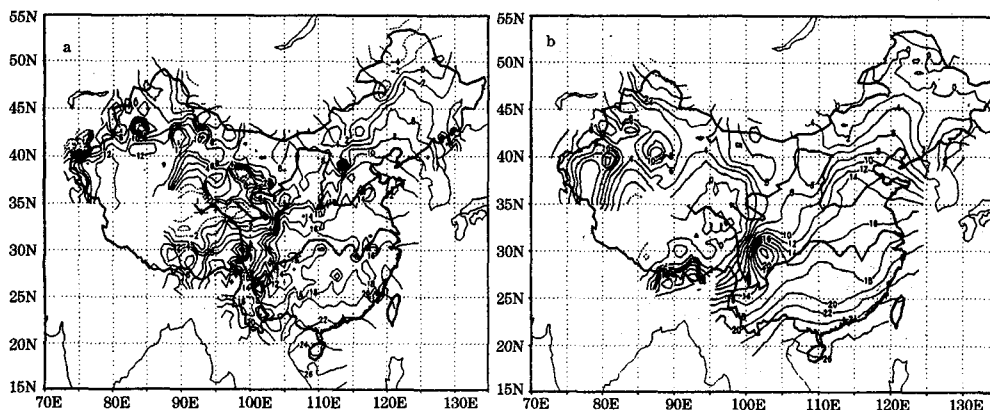


图3 600个站(a)、模式HADL(b)的中国区域年平均气温空间分布

5 小结与结论

通过多方面的对比分析中国600个站40年的年平均气温实况与IPCC提供的7个海气耦合模式模拟的中国区域气温产品可得如下结论:

(1)中国600个站的气温实况、IPCC 7个模式的平均与CCC、CCSR、CSIRO、

DKRZ、GFDL、HADL、NCAR 7个模式模拟的中国区域的气温都表明,中国区域的气温与全球气候变暖的趋势相一致,表明尽管各个模式模拟的效果场都存在不同程度的系统误差但7个海气耦合模式都具有一定的模拟中国区域气温趋势的能力;

(2)气温的经向分布和三个不同的纬度

带气温的年际变化都表明低纬地区模式产品与600个站的实况最接近,其次是中纬地区,高纬偏差最大;气温的纬向分布和三个不同的经度带的年际变化也总体上表明了中部地区IPCC模式模拟的效果最好,其次是东部地区,效果最差的是西部地区;

(3)对各个模式,总体上与中国600个站的实况气温最接近的是HADL模式模拟的气温,依次是模式CCSR、DKRZ、7个模式平均、模式CSIRO、NCAR、CCC、GFDL;

通过将IPCC提供的7个海气耦合模式模拟的气温与中国600个站观测的气温实况进行对比分析,得出对中国区域气温模拟效果比较好的模式,进而可以利用IPCC模式模拟的结果作为初始场和侧边界,驱动区域气候模式对中国区域的未来气候作预测。另外我们还做了降水的比较,总体上降水的模拟效果没气温的好。

参考文献

1 Houghton J T, Jenkins G F, Ephraim J J. Climate

Change: the IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, 1990:365.

- 2 Houghton J T, Callander B A, Varney S K. Climate Change 1992: the supplement Report to IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press, 1992:200.
- 3 Houghton J T, Meira Filho L G, Callander B A, et al. Climate Change 1995: the Science of Climate Change. Cambridge University Press, 1995:285.
- 4 Barnett T P, Hasselmann, Chelliah M, et al. Detection and attribution of recent climate change: a status report. Bulletin of the American Meteorological Society, 1999, 80 (12):2631-2659.
- 5 赵宗慈,丁一汇,李晓东等. 海气耦合模式在东亚地区的可靠性评估. 应用气象学报, 1995, 6(增刊):9-18.
- 6 徐影,丁一汇,赵宗慈. 近30年人类活动对东亚地区气候变化影响的检测与评估. 应用气象学报, 2002, 13 (5):513-525.
- 7 徐影. 人类活动对气候变化影响的数值模拟研究. 中国气象科学研究院博士论文, 2002.
- 8 徐萃薇编. 计算方法引论. 北京:高等教育出版社, 1990:39-47.
- 9 张光智,徐祥德,毛飞等. 气候模式—农业气象模式集成系统的小麦灌溉管理新途径. 应用气象学报, 2001, 12(3):307-316.

Comparison of Temperature between Six Hundreds Stations in China and Output of IPCC Models

Shi Xiaoying¹ Xu Xiangde¹ Xu Ying²

(1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081; 2. National Climate Center)

Abstract

In the context of monthly mean temperature of six hundred stations in China from 1961 to 2000 and the temperature output of seven IPCC models (CCC, CCSR, CSIRO, DKRZ, GFDL, HADL, NCAR) only considering the effect of greenhouse gases are analyzed. Results show that (1) These IPCC models certainly have the capability of modeling temperature changes in China, generally, HADL model is the best in simulating temperature changes over china in seven models, then is CCSR, DKRZ, average of seven models, CSIRO, NCAR, CCC, GFDL. (2) The simulating effects in the low latitude region are better than that in the middle latitude region and high latitude region and the simulating effects in the middle region are better than that in the east region and west region, besides, simulating effects in the middle latitude region are better than that of high latitude region, simulating effects in the east region are better than that of the west region. (3) The temperature of six hundred stations in China and the output of IPCC models have rising trend, the same as the global warming trend of climate.

Key Words: comparison temperature observation output of IPCC models