

ECHAM4/OPYC3 海气耦合模式对东亚 季风年循环及其未来变化的模拟^{*}

布和朝鲁¹⁾ 林永辉²⁾

1) (中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029)

2) (中国气象科学院灾害天气研究中心, 北京 100081)

摘要 德国马普研究所海气耦合模式 ECHAM4/OPYC3 对东亚地区 2 m 温度年循环的模拟尽管有一些偏差, 但还是相当成功的。其模拟的东亚夏季风偏弱, 而冬季风偏强, 此偏差可能与 2 m 温度以及西太平洋副热带高压模拟偏差有关。该模式模拟的东亚季风区夏季降水量偏弱, 这与上述夏季风环流的模拟结果是一致的。该模式较好地抓住了华北地区经向环流和降水量的年循环特征。利用最新的温室气体和 SO₂ 排放方案, 即政府间气候变化委员会 (IPCC) 排放方案特别报告 (SRES) 的 A2 和 B2 方案, 通过该模式 111 年的积分结果讨论了东亚季风气候在 21 世纪后 30 年中的变化, 其主要结果为: 全球变暖导致夏季海陆温差增大和冬季海陆温差减弱, 进而使东亚季风环流在夏季加强, 冬季减弱。长江流域和华北地区的夏季降水量显著增强, 而后的增强更为显著, 使得东亚季风区的夏季多雨区向北延伸; 东亚季风区 9 月份的降水量在两个方案中都显著增加, 说明在全球变暖条件下东亚季风区的多雨季节将延迟一个月。

关键词: 东亚季风; 气候变化; 海气耦合模式

1 引言

东亚季风系统具有复杂的时空结构。陶诗言和陈隆勋^[1]总结出, 东亚季风的雨季以梅雨带持续滞留和北跳为主要特征, 它的活动包含了热带、副热带以及中高纬度环流的共同影响。组成东亚夏季风系统的主要成员为西太平洋副热带高压, 来自孟加拉湾和南海的低空跨赤道气流以及中高纬度斜压扰动。在冬季, 东亚地区盛行全球最强的季风环流, 它在热带和热带外大气相互作用及南北两个半球大气相互作用中扮演着重要的角色。由于东亚季风气候的复杂性, 目前国内外应用的模式对其年循环的模拟能力都有不同程度的缺陷。我国学者对东亚季风环流及其降水量的模拟进行了广泛而深入的讨论^[2~5]。本文中我们将考察德国马普研究所 ECHAM4/OPYC3 海气耦合模式对东亚季风年循环的模拟能力及其存在的问题。

全球变暖将给全球生态系统和人类经济社会活动带来重大影响, 并已成为各国科学家共同关心的重大全球性环境问题。我国广大的东部地区处于东亚季风区, 其未来

2002-08-09 收到, 2003-02-12 收到再改稿

^{*} 中国科学院知识创新工程项目 ZKCX2-SW-210、国家重点基础研究发展规划项目 G1998040904 和国家自然科学基金资助项目 40105006 共同资助

的气候变化关系着该地区的经济、农业等社会活动。政府间气候变化委员会 (IPCC) 第三次科学评估报告^[5]指出, 温室气体浓度的持续增加使亚洲夏季风的变率增强, 而季风的持续期和强度变化则很大程度上取决于气候模式对亚洲季风季节循环的模拟能力。东亚季风的年际和年代际变率已有广泛而深入的研究^[7~12], 在更长时间尺度上, 全球变暖引起的东亚季风气候变化也同样需要进一步深入研究。王绍武和叶笃正^[13]的研究发现, 20 世纪 80 年代中国北部及亚洲北部的变暖趋势主要归因于温室效应。通过观测分析和模拟研究, Hulme 等^[14]认为, 全球变暖对东亚季风区的温度和降水变化具有重要影响。李晓东等^[15]利用 5 个海气耦合模式的瞬变模拟结果讨论东亚地区未来气候变化, 指出 CO_2 加倍时东亚地区地面温度和降水量都明显增加。胡增臻等^[16]利用模拟研究指出, 全球变暖使东亚冬季风减弱, 并使得东亚地区冬季温暖且水汽充分。郭裕福等^[17]的研究指出, CO_2 加倍时东亚地区最大的增暖出现在中纬度大陆上, 最大降水出现在 25°N 附近。高学杰等^[18]通过高分辨率的区域气候模式研究温室效应对中国气候变化的影响, 并指出冬季中国北部的增温最为显著。石广玉等^[19]系统总结和介绍了 20 世纪 90 年代以来其所开展的有关人类活动对东亚和中国气候影响的一系列研究活动。

但是, 这些研究主要强调了 CO_2 等主要温室气体对全球气候系统的正辐射强迫作用, 并没有考虑硫酸盐气溶胶对气候系统的重要影响。IPCC 第三次科学评估报告^[6]指出, 硫酸盐气溶胶的负辐射强迫作用将显著减缓全球变暖的趋势。另一方面, 以往的研究中全球变暖对东亚季风年循环变化的影响也缺乏详尽的探讨。本文则力图在这两个方面进一步研究。

本文利用最新的温室气体和 SO_2 排放方案, 即 IPCC 排放方案特别报告 (SRES, Special Report on Emission Scenarios) 中的 A2 和 B2 方案^[6], 通过海气耦合模式的模拟结果, 讨论东亚季风气候在 21 世纪后 30 年中的变化, 特别是其年循环的变化。

2 模式简介与试验设计

本工作中所用海气耦合模式是德国马普气象研究所发展的 ECHAM4/OPYC3 CGCM。其大气模式 ECHAM4 是在水平方向上三角形 42 波截断, 在垂直方向利用 19 层的混合 σ 气压坐标, 其最上层达 10 hPa。本大气模式中套用 4 层陆面模式, 计算土壤的热量、水分、表面积雪和冰的收支。该模式的详细介绍, 包括其动力和物理过程的描述, 可参考 Roeckner 等^[20]的工作。耦合模式的海洋部分是由 Oberhuber^[21]发展起来的 OPYC3 模式。它由 3 个子模块组成, 即表面混合层及内部海洋和海冰。表面混合层以下的内部海洋在垂直方向上分 10 层。在海气耦合方案中对热量通量和淡水 (fresh water) 通量进行年平均通量订正, 而动量通量则不订正。详细的耦合方案和技术可参考 Bacher 等^[22]的工作。

在大气模式的辐射方案中, 除了主要温室气体 CO_2 、 CH_4 、 N_2O 以外还考虑了工业释放的 CFC-11、CFC-12、CFC-113、CFC-114、CFC-115、HCFC-22、HCFC-123、HCFC-141b、HFC-125、HCFC-134a、HCFC-152a、 CCl_4 和 CH_3CCl_3 , 这些气体对全球大气起着正辐射强迫作用, 而硫酸盐气溶胶则对大气具有负辐射强迫作用。为了计

算硫酸盐气溶胶在大气中的浓度, 将一个硫循环化学模式与大气模式进行耦合。工业排放的 SO_2 通过化学过程变为硫酸盐气溶胶, 并在大气中输送, 最终沉降。硫酸盐气溶胶是与大气模式的辐射方案直接关联的含硫物质, 因此它是硫循环化学模式最终的预报变量。除了直接的辐射强迫作用外, 硫酸盐气溶胶还间接作用于云反照率, 但后者具有较大的不确定性, 因此在本文的未来气候模拟中对其没有考虑。在大气中, 温室气体与硫酸盐气溶胶浓度随时间的变化将取决于不同的排放方案, 最近, IPCC 排放方案的特别报告 (SRES) 提出了 4 个新的排放方案以便更新 IS92 版本。4 个方案中考虑了与人口统计学和未来经济发展状况以及引用技术有关的温室气体和 SO_2 排放机制, 换言之, 这些方案分别描述了排放因素与温室气体和硫酸盐气溶胶浓度随时间的特殊演化关系。4 个不同的方案分别称之为 A1、A2、B1 和 B2, 以下是每个方案所假定的主要内容。A1: 全球经济快速增长; 引进高新技术并迅速使用; 全球人口在 21 世纪中页达到峰值, 然后下降; 全球性合作, 区域性差异明显减少。A2: 区域性差异明显, 经济发展保持地区性特色; 对新技术的应用和普及较慢; 人口继续增长。B1: 从全球持续性发展的角度对经济、社会和环境问题加以解决; 引用清洁有效的能源和技术, 注重信息和服务性经济; 全球人口增长情况与 A1 方案一致。B2: 经济、社会和环境的持续性发展问题在地区范围得以解决; 全球人口继续增长, 但其速度慢于 A2 方案的状况; 中等水平的经济发展, 与 A1 和 B1 方案相比, 较慢且不均匀的应用新技术; 在地区范围内注重环境保护。

从 4 个方案中, 我们选取了 A2 和 B2 方案探讨东亚季风的未来变化, 因为这两个方案反映的温室气体与 SO_2 未来排放状况更趋于真实。

根据 IPCC SRES A2 和 B2 方案, 进行了两个 111 年的数值试验。模拟时段从 1990 年 1 月到 2100 年 12 月, 其结果与同一个模式模拟出的当代气候平均值进行比较。本文中利用 Roeckner 等^[23] 一个数值试验结果, 该试验称为 GSDIO (Greenhouse gas, Direct and indirect effect of sulphate aerosol, Ozone)。试验中根据观测数据考虑了温室气体与硫酸盐气溶胶 (直接和间接作用) 浓度以及臭氧的变化, 其模拟时段为 1961 年到 1990 年, 这样, 该试验结果较好地代表了当代气候的模拟状况。本文中, GSDIO 试验结果与 CRU (Climate Research Unit) 数据 (1961~1990 年) 和 NCEP 再分析资料 (1961~1990 年) 进行比较, 以此评估该耦合模式对当代东亚季风气候的模拟能力。

3 东亚季风气候的模拟

本文选取 3 个关键区域, 即中国东南沿海地区 ($110^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$, $20^{\circ}\sim 27^{\circ}\text{N}$)、长江流域 ($110^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$, $27^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$) 和华北地区 ($110^{\circ}\sim 125^{\circ}\text{E}$, $34^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$) 来研究东亚季风气候及其未来变化。为简单起见, 在图文中我们用这些地区的英文简称, 它们分别为 SEC (东南沿海区)、YRV (长江流域) 和 NCN (华北地区)。图 1 给出了这些地区的具体地理位置。

该文所用耦合模式对 2 m 温度年循环的模拟是相当成功的 (图 2), 尽管在东南沿海地区和长江流域模拟出的冬夏温度略低于 CRU 数据 (图 2 左)。在东亚地区的中高纬度地区和青藏高原 2 m 温度的模拟都略低于 CRU 数据 (图略)。

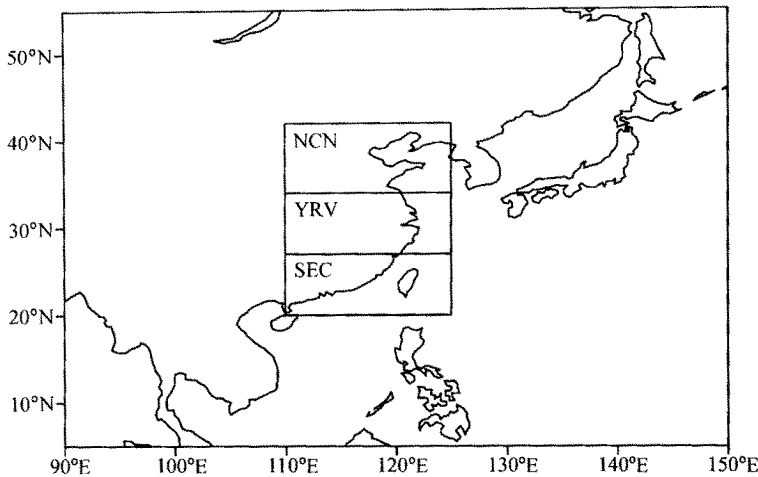


图1 所选3个关键区域（SEC、YRV 和 NCN）的具体位置

本工作中，利用3个关键区的1 000 hPa 经向风值来代表其季风环流的强度。从图2（中）可看出，模式比较好地模拟出了3个关键区域季风气流的年循环。但是，与NCEP再分析资料结果比较，模拟出的东亚夏季风偏弱，而冬季风偏强，特别是东南沿海地区和长江流域的夏季风环流比较弱（见图3的冬季和夏季1 000 hPa 风场）。在华北地区模拟出的年循环，尽管弱一些，但与其他两个关键区相比还是相当成功的（图3）。东亚季风环流的模拟偏差可能与2 m 温度的模拟偏差有关；东亚夏季风环流模拟结果偏弱，与西太平洋副热带高压位置（模拟）密切相关，后者在春季偏西，而夏季偏东，导致前者的模拟偏差（图略）。

国际上所用现有模式对东亚地区的降水模拟都有其不够完善的地方，ECHAM4/OPYC3 CGCM 模式也不例外。与CRU 数据比较，该模式模拟的东亚季风区夏季降水偏弱（见图2右和图4的夏季降水），这与东亚夏季风环流的模拟结果一致。模拟结果中，长江流域降水峰值的出现比观测到的峰值早了两个月，主要是因为模式没有很好地模拟西太平洋副热带高压的移动所致（图略）。与此相比，该模式较好地抓住了华北地区降水的年循环特征（图2右和图4）。

4 东亚季风气候的未来变化

4.1 辐射强迫与SO₂的排放

图5给出了整个温室气体的辐射强迫与SO₂排放的未来演变^[6]。至2100年，A2方案中的整个温室气体辐射强迫从1990年的2.0 W m⁻²增加到8.1 W m⁻²，在B2方案中的对应值则增加到5.5 W m⁻²。A2方案的温室气体浓度演变非常接近于IS92a方案^[1]的情况。A2和B2方案最大的差异在于SO₂的排放状况，在A2方案中，SO₂的排放量至2030年增加50%，然后逐渐减少，到2100年接近1990年的排放量；而在B2方案中SO₂的排放量一直减少，到2100年其排放量比1990年减少30%。这两个方案的SO₂的排放量都低于IS92a方案的情况^[1]。从图5c可看出，SO₂排放对全球平均温度

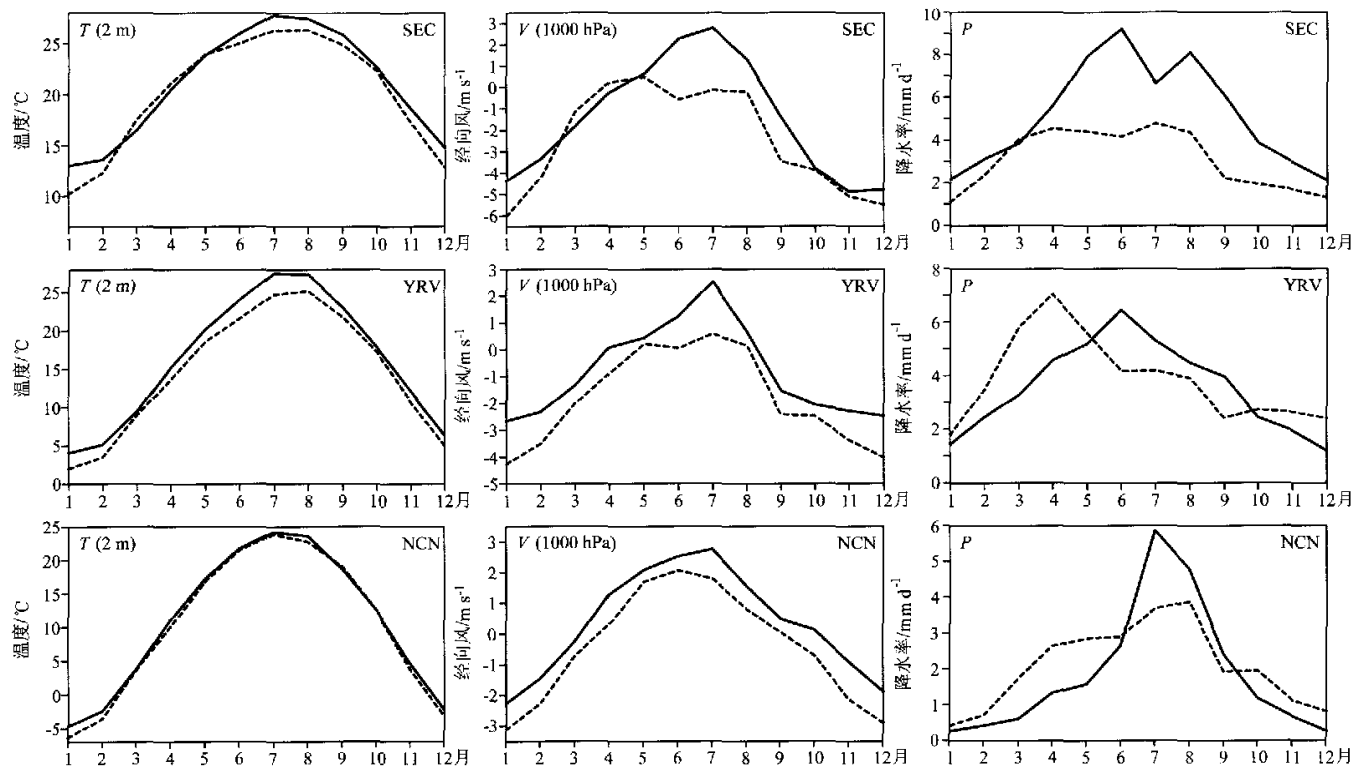


图2 3个关键区(区域平均,只含陆地格点)的年循环
 (左) 2m温度,实线和虚线分别代表1961~1990年气候平均的CRU数据和GSDIO试验结果;
 (中) 同(左),但为1000hPa经向风,实线为1961~1990年气候平均的NCEP再分析资料结果;
 (右) 同(左),但为降水率

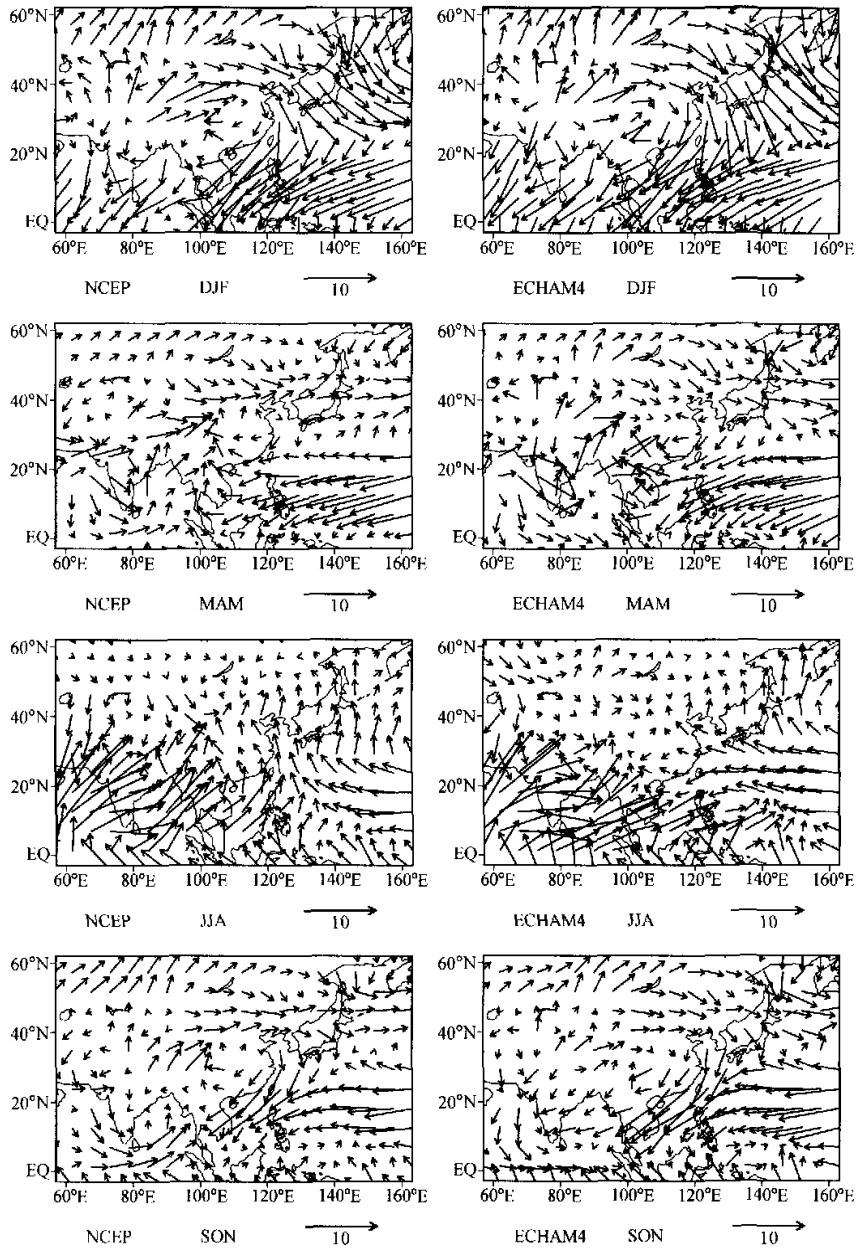


图3 气候平均(1961~1990年)的1000 hPa风场(单位: m s^{-1})

(左) NCEP再分析资料; (右) 模拟结果

DJF、MAM、JJA和SON分别代表冬季、春季、夏季和秋季

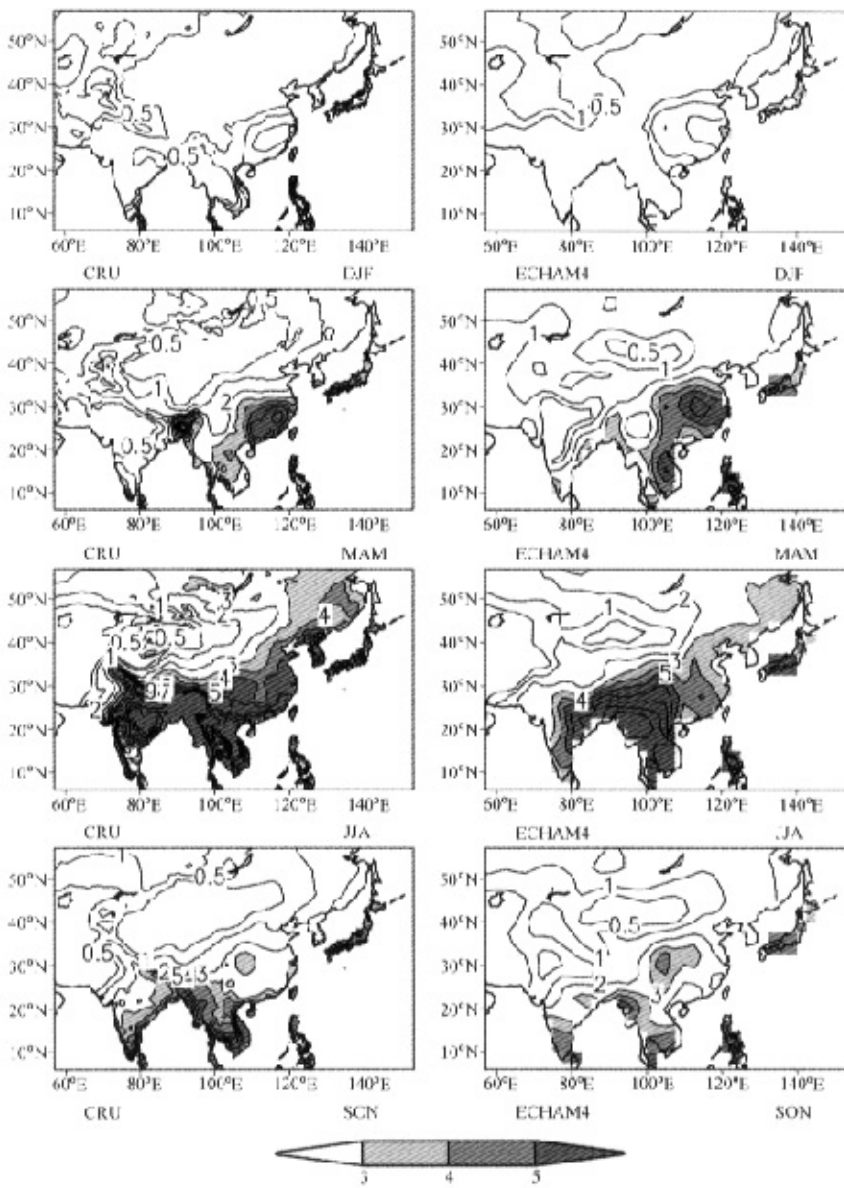


图4 同图3, 但为降水场 (单位: mm d^{-1}), 左图为CRU数据结果

的作用十分明显。尽管 A2 方案的温室气体辐射强迫 2020 年以后一直高于 B2 方案的情况, 但是由于 A2 方案的 SO_2 的排放量多于 B2 方案, 直到 2060 年后其全球平均温度距平才大于 B2 方案的值。至 2100 年全球平均温度异常在 A2 和 B2 方案中分别达到

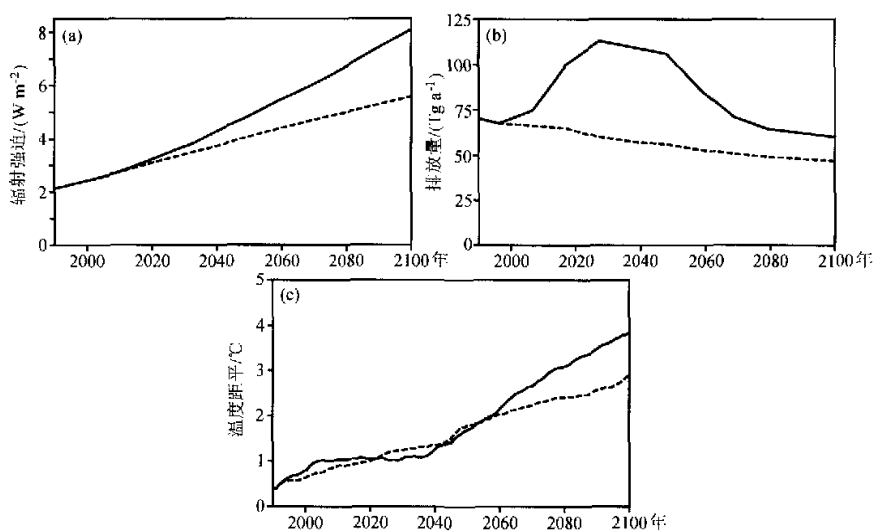


图5 与全球变暖有关的全球平均量随时间演变

(a) 整个温室气体辐射强迫 (年平均); (b) SO_2 排放量 (10 年平均); (c) 2 m 温度距平 (5 年滑动平均)
实线和虚线分别代表 IPCC SRES A2 和 B2 方案结果

3.8 °C 和 2.8 °C。

4.2 未来变化

在 3 个关键区域中, 2071~2100 年平均温度相对于当代气候值的提高非常显著 (见图 6 左), 东南沿海地区和长江流域的平均温度升高了 3 °C 以上, 而华北地区的温度则升高了 4 °C 以上。中高纬度地区的升温明显高于副热带和热带地区 (图 7), 这与 IPCC^[6] 结果是一致的。与辐射强迫的变化一致, 温度变化在 A2 方案中明显大于 B2 方案 (东南沿海地区的 3 月份温度变化例外)。

全球变暖所致海陆温差的变化以及亚洲内陆地区温度梯度的变化将影响东亚季风的强度和年循环。在 21 世纪最后 30 年, 两个方案中的 3 个关键区域夏季风环流都得到加强 (图 6 (中) 和图 8), 并且其变化在 95% 置信度上都是显著的 (图略); 而对应的冬季风环流则减弱, 其变化只在长江流域和华北地区是显著的。这主要是因为全球变暖导致夏季海陆温差增大和冬季海陆温差减弱。这里两个方案的主要区别在于东亚夏季季风强度变化的模拟, 其变化在 A2 方案中大于 B2 方案, 与温度变化情况是一致的。

毋庸置疑, 东亚季风环流变化将引起季风区降水状况的改变, 这是我们最为关心的问题。在 A2 和 B2 方案中, 21 世纪最后 30 年的夏季降水在华北地区和长江流域增强 (图 6 右和图 9)。从图 9 上可看到, 除了 3 个关键区域以外, 我国东北地区和印度半岛的夏季降水也显著增加。降水量的未来变化在两个方案中的区别不明显。

值得注意的是, 3 个关键区域 9 月份的降水量在两个方案中都显著增加, 这说明在全球变暖条件下东亚季风区的多雨季节在本世纪后 30 年中将延迟一个月。另外, 东亚季风区的夏季多雨区向北延伸。从图 6 (右) 和图 9 可见, 21 世纪的后 30 年中, 我国东南沿海地区的夏季降水量略有增加, 但不显著; 而长江流域的夏季降水量显著增加,

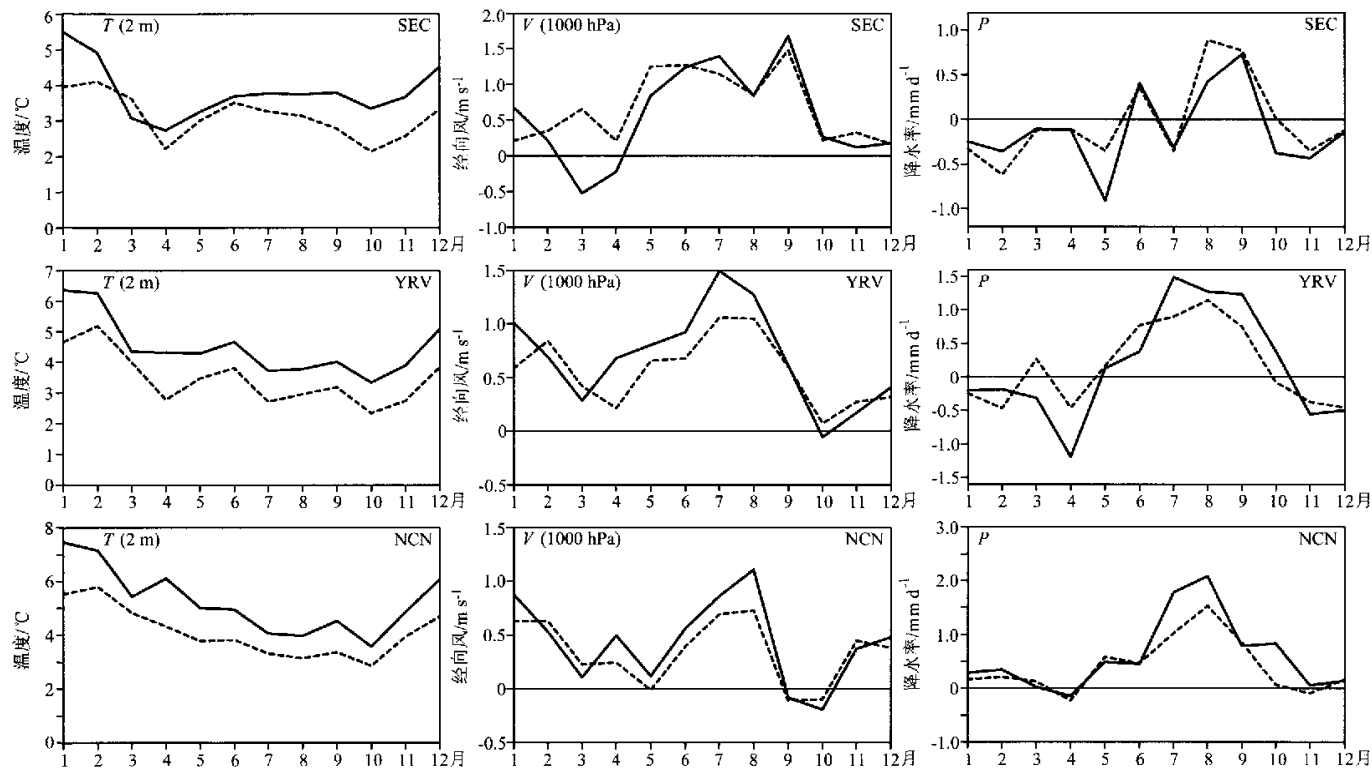


图6 同图2, 但为年循环变化(2071~2100年平均减去1961~1990年平均GSDIO试验结果), 实线和虚线分别对应A2和B2方案

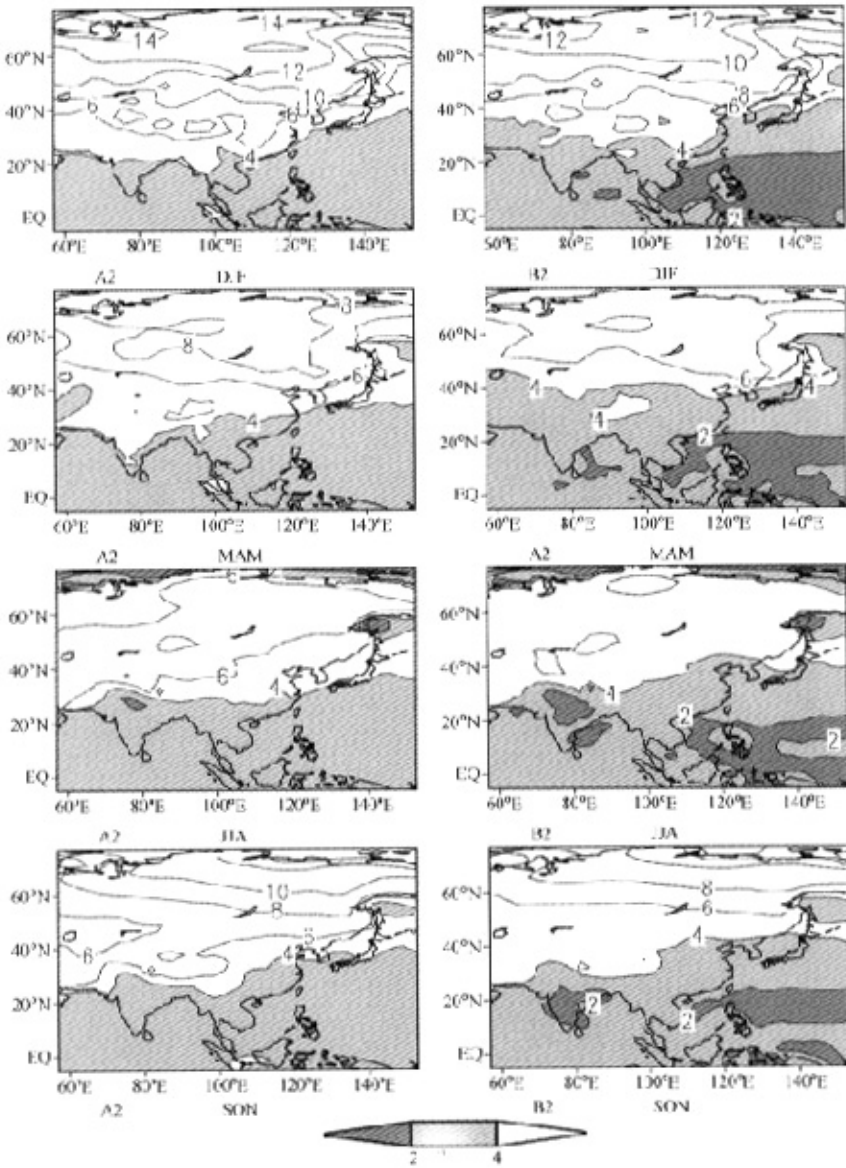


图7 2 m 温度场的变化 (2071~2100 年平均值减去 1961~1990 年平均 GSDIO 试验结果)

左图和右图分别对应 A2 和 B2 方案；DJF、MAM、JJA 和 SON 分别代表冬季、春季、夏季和秋季；单位：℃

8 月份的降水量增加超过 1.0 mm d^{-1} ；与此对应的华北降水量的增加更加显著，其 8 月份降水量增加超过 1.5 mm d^{-1} ，也就是说，8 月份华北降水量将增加 37%，其整个夏季未来降水量接近长江流域地区现在的降水量。

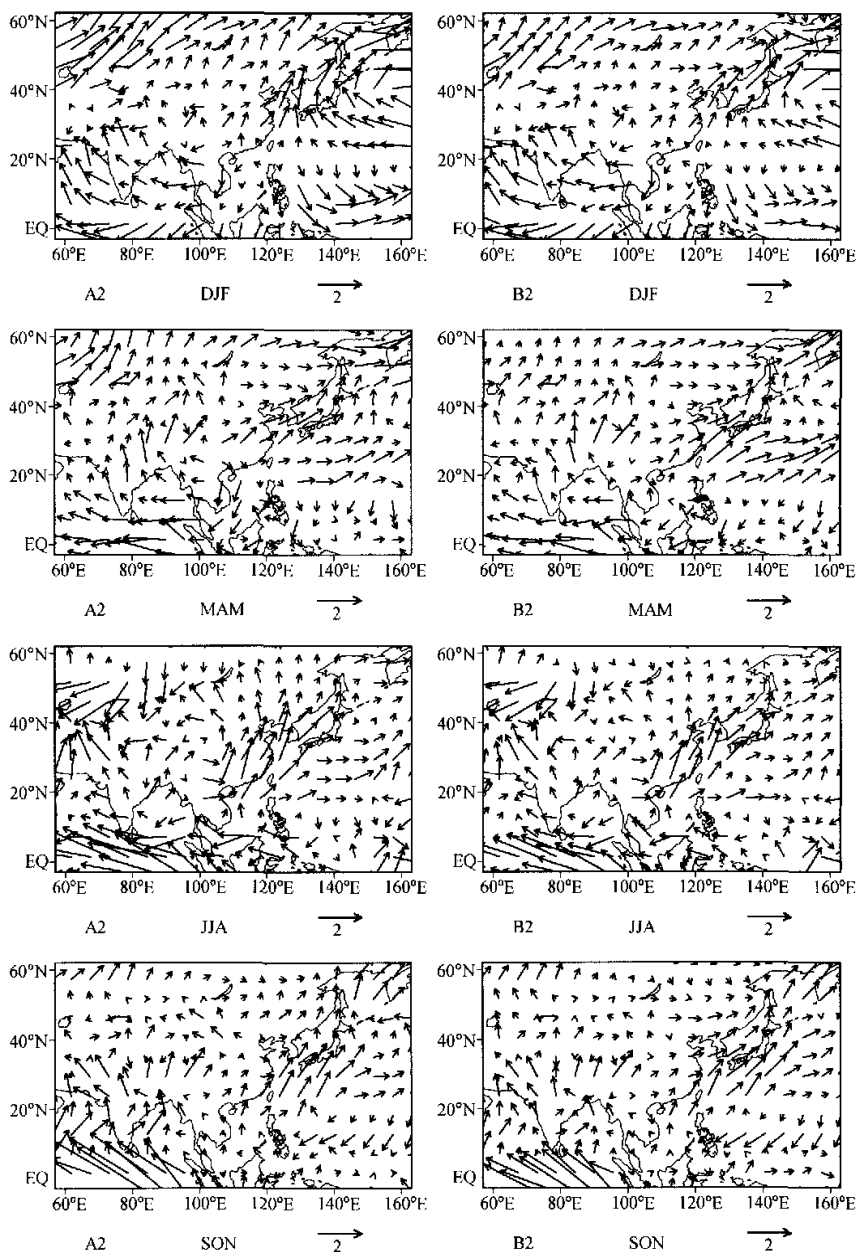


图8 同图7, 但为1 000 hPa风场的变化(单位: m s^{-1})

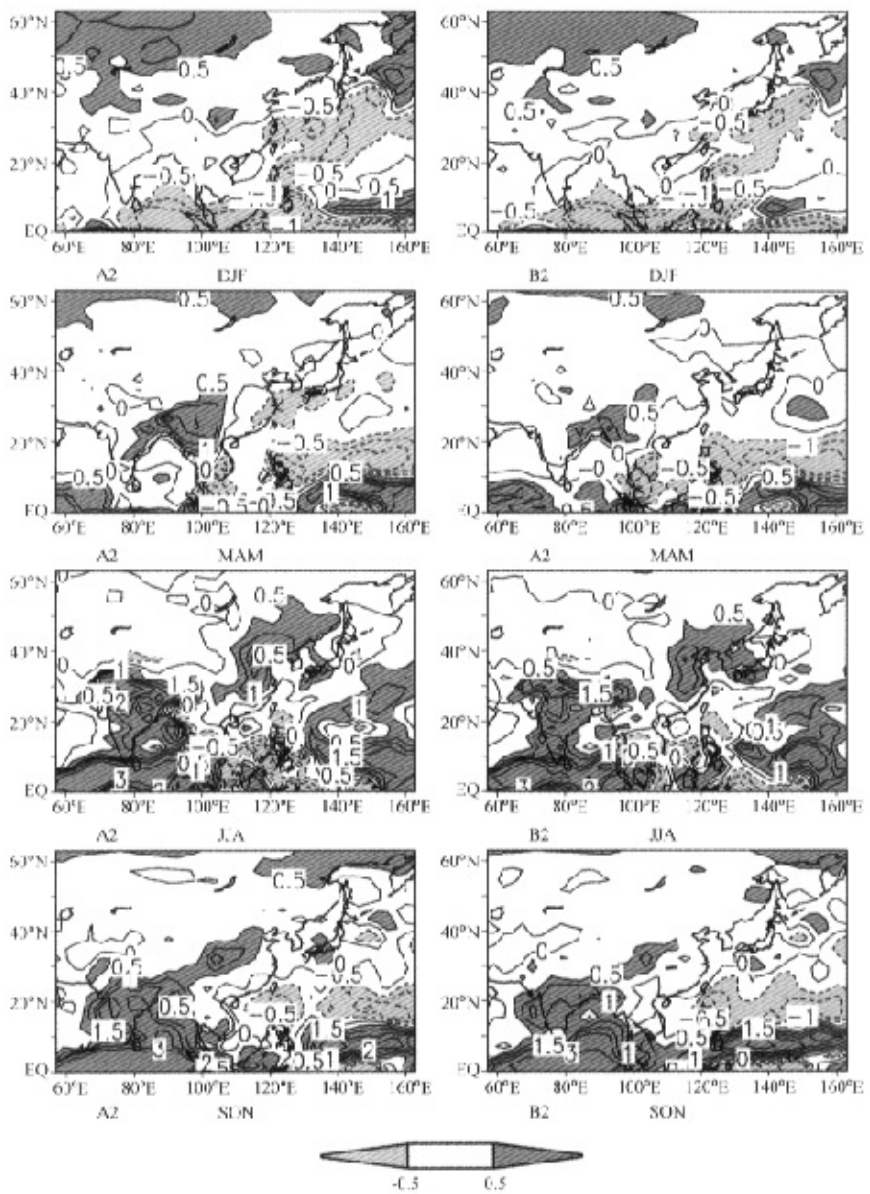


图9 同图7, 但为降水场的变化(单位: mm d⁻¹)

5 小结

ECHAM4/OPYC3 海气耦合模式对东亚地区 2 m 温度年循环的模拟尽管有一些偏差,但还是相当成功的。其模拟的东亚夏季风偏弱,而冬季风偏强。在华北地区模拟出的年循环,尽管弱一些,但与其他两个关键区相比较好。东亚季风环流的模拟偏差可能与 2 m 温度的模拟偏差以及西太平洋副热带高压位置(模拟)有关。该模式模拟的东亚季风区夏季降水量偏弱,与东亚夏季风环流模拟结果一致。与此相比,该模式较好地抓住了华北地区降水量的年循环特征。

本文利用最新的温室气体和 SO_2 排放方案,即 IPCC SRES A2 和 B2 方案,通过该模式 111 年的积分结果讨论东亚季风气候在 21 世纪后 30 年中的变化,其主要结果为:全球变暖导致夏季海陆温差增大和冬季海陆温差减弱,进而使东亚季风环流在夏季加强,冬季减弱。长江流域和华北地区的夏季降水量显著增强,而后的增强更为显著,使得东亚季风区的夏季多雨区向北延伸。东亚季风区 9 月份的降水量在两个方案中都显著增加,说明在全球变暖条件下东亚季风区的多雨季节将延迟一个月。

致谢 本工作是在第一作者访问德国马普气象研究所期间完成的, Ulrich Cubasch 教授多次与作者讨论并提出很多建议,该所 Model&Data Group 提供了许多有关耦合模式方面的帮助,在此一并表示感谢。同时感谢审稿专家认真而负责的修改建议。

参 考 文 献

- 1 Tao Shiyun, and Chen Longxun, A review of recent research on the East Asian monsoon in China, *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, 1987, 60~92.
- 2 袁重光, 东亚夏季风及其降水的模拟, 大气科学, 1990, **14**, 53~62.
- 3 Lin Zhaohui, and Zeng Qingcun, Simulation of East Asian summer monsoon by using an improved AGCM, *Adv. Atmos. Sci.*, 1997, **14**, 513~526.
- 4 Wang Huijun, The interannual variability of the East Asian monsoon and its relationship with SST in a coupled atmosphere-ocean-land climate model, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, **17**, 31~47.
- 5 Yu Rucong, Li Wei, Zhang Xuchong, Liu Yitmin, Yu Yongqiang, Liu Hailong, and Zhou Tianjun, Climatic features related to eastern China summer rainfalls in the NCAR CCM3, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, **17**, 503~518.
- 6 IPCC, The Scientific Basis, Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Climate Change 2001*, J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, and D. Xiao Eds., Cambridge University Press, UK, 2001, 944 pp.
- 7 Chang, C. -P., Y. Zhang, and T. Li, Interannual and interdecadal variations of East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part I: Roles of the subtropical ridge, *J. Climate*, 2000, **13**, 4310~4325.
- 8 Nitta, Ts., and Hu Zengzhen, Summer climate variability in China and its association with 500 hPa height and tropical convection, *J. Meteor. Soc. Japan*, 1996, **74**, 425~445.
- 9 Bueh Cholaw, and Ji Liren, Anomalous activity of East Asian winter monsoon and the tropical Pacific SSTA, *Chinese Science Bulletin*, 1999, **44** (10), 890~898.
- 10 Wang Huijun, The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970s, *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18**, 376~386.
- 11 Chen Lieting, and Wu Renguang, Interannual and decadal variation of snow cover over Qinghai-Xizang Plateau

- and their relationship to summer rainfall in China, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, **17**, 18~30.
- 12 Chen Wen, H. F. Graf, and Huang Ronghui, The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon, *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, **17**, 48~60.
 - 13 Wang Shaowu, and Ye Duzheng, Analysis of the global warming during the last one hundred years, *Climate Variability*, Ye Duzheng, T. Matsuno, Zeng Qingcun et al. Eds., China Meteorological Press, 1993, 23~32.
 - 14 Hulme, M., Z. C. Zhao, and T. Jiang, Recent and future climate change in East Asia, *Int. J. Climatol.*, **14**, 1994, 637~658.
 - 15 李晓东, 王绍武, 赵宗慈, 丁一汇, 东亚地区未来气候变化的 CGCM 模拟研究, 应用气象学报, 1995, **6** (增刊), 1~8.
 - 16 Hu Zengzhen, L. Bengtsson, and K. Arpe, Impact of global warming on the Asian winter monsoon in a coupled GCM, *J. Geophys. Res.* 2000, **105** (D4), 4607~4624.
 - 17 Guo Yufu, Yu Yongqiang, Liu Xiyang, and Zhang Xuchong, Simulation of climate change induced by CO₂ increasing for East Asia with IAP/LASG GOALS model, *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18**, 53~66.
 - 18 Gao Xuejie, Zhao Zongci, Ding Yihui, Huang Ronghui, and F. Giorgi, Climate change due to greenhouse effects in China as simulated by a regional climate model, *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18**, 1224~1230.
 - 19 石广玉, 王喜红, 张立盛, 黄兴友, 赵宗慈, 高学杰, 徐影, 人类活动对气候影响的研究, II: 对东亚和中国气候变化的影响, 气候与环境研究, 2002, **7**, 255~266.
 - 20 Roeckner, E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Duemmenil, M. Esch, M. Giorgetta, U. Schlese and U. Schulzweida, The atmospheric general circulation model ECHAM-4: Model description and simulation of present-day climate, MPI-Report, 1996, No. 218, 90pp.
 - 21 Oberhuber, J. M., Simulation of the Atlantic circulation with a coupled sea-ice-mixed layer-isopycnal general circulation model. Part I: Model description, *J. Phys. Oceanogr.*, 1993, **22**, 808~829.
 - 22 Bacher, A., J. M. Oberhuber, and E. Roeckner, ENSO dynamics and seasonal cycle in the tropical Pacific as simulated by the ECHAM4/OPYC3 coupled general circulation model, *Climate Dyn.*, 1998, **14**, 431~450.
 - 23 Roeckner, E., L. Bengtsson, J. Feichter, J. Lelieveld, and H. Rodhe, Transient climate change simulations with a coupled atmosphere-ocean GCM including the tropospheric sulfur cycle, *J. Climate*, 1999, **12**, 3004~3032.

A Simulation of the Annual Cycle and Future Change of the East Asian Monsoon with the ECHAM4/OPYC3 CGCM Model

Bueh Cholaw¹⁾, and Lin Yonghui²⁾

1) (State Key laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

2) (Institute of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract The annual cycle of 2 m temperature is considerably well simulated in the ECHAM4/OPYC3 CGCM Model, despite of a slight bias. In this model, the simulated East Asian summer (winter) monsoon circulation is weaker (stronger) than the observed one. This is likely to result from the simulated errors of the 2 m temperature and the western Pacific subtropical high. Consequently, the summer rainfall in the East Asian monsoon region is underestimated as well. This coupled model considerably well captures the features of the meridional circulation and precipitation of North China. We applied the newest emission scenarios of the sulfur and greenhouse gases, i. e., IPCC SRES A2 and B2 sce-

narios, to integrate the coupled model for 111 years and then investigate the change of the East Asian climate in the last three decades of the 21st century. The global warming enlarges the land-sea thermal contrast, and makes the East Asian summer (winter) monsoon circulation strengthened (weakened). The precipitation over the Yangtze River valley and North China increases, but the latter increases even significantly. It is suggested that the East Asian rainy area would expand northward to North China in the last three decades of the 21st century. In addition, the precipitation in the East Asian monsoon region would increase significantly in September, implying that the rainy season of the East Asian monsoon would prolong about one month in the future.

Key words: East Asian monsoon; climate change; ocean-atmosphere coupled model

=====

《气候与环境研究》成为 CSCD 核心期刊

据中国科学院文献情报中心消息,《气候与环境研究》从 2002 年起被从中国科学引文数据库 (Chinese Science Citation Database, CSCD) 扩展库调整到 CSCD 核心库,成为 CSCD 核心期刊。

《气候与环境研究》从 1996 年创刊以来,积极报道我国气候与环境领域的创新性成果,发表了许多高水平、高质量的科研论文,成为广大科研工作者进行高层次学术交流的园地。

《气候与环境研究》一如既往,欢迎一切气候与环境研究的人们的投稿和订阅。

《气候与环境研究》编辑部