黄刚,屈侠. IPCC AR4模式中夏季西太平洋副高南北位置特征的模拟 [J]. 大气科学学报, 2009, 32 (3): 351-359.

IPCC AR4模式中夏季西太平洋副高南北位置特征的模拟

黄刚¹,屈侠^{2,3}

(1.中国科学院 东亚区域气候环境重点实验室,北京 100029;2.中国科学院 大气物理研究所 季风系统研究中心,北京 100090;3.中国科学院 研究生院,北京 100049)

摘要:利用 IPCC AR4中 8个气候系统模式的环流、对流和降水资料,结合实际的观测及再分析资料,从年际尺度上比较分析了这些气候系统模式对夏季西太平洋副热带高压南北位置、暖池对流和 江淮降水关系的模拟能力,结果表明在西太平洋副热带高压随纬度分布的模拟中,经向分辨率高的 模式存在一定的优势。在夏季西太平洋副热带高压的南北位置、暖池对流和江淮降水关系的模拟 上,GFDL-CM2.1能合理地表征三者之间的关系;在影响东亚夏季风年际变化的东亚太平洋遥相关 型的模拟上,GFDL-CM2.1和 ECHAM5_MPI/OM能够较好地模拟出其特征,其中前者模拟结果要 明显好于后者。同时利用 GFDL-CM2.1在 SRES A1B 情景下的试验结果,EAP(East A sia/Pacific) 指数与中国东部降水的变化关系得出,随着大气中二氧化碳浓度增加,在 21世纪前期,江淮偏旱的 概率较高;21世纪后期,江淮降水可能偏多。

关键词: IPCC AR4; 20世纪气候模拟;西北太平洋副热带高压;暖池对流;降水 中图分类号: P461.2 文献标识码: A 文章编号: 1674-7097(2009)03-0351-09

Merdional Location of West Pacific Subtropical High in Summer in IPCC AR4 Simulation

HUANG Gang¹, QU Xia^{2,3}

(1. RCE-TEA, China Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

Center for Monsoon System Research, Institute of A tmospheric Physics, China Academy of Sciences, Beijing 100090, China;
Graduate University of China Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Interannual variability is a prominent character of East A sia summer monsoon, and to what extent state-of-the-art climate system models can simulate its characters draws the attention of researchers of East A sia Monsoon. The relationships among meridional location of W est Pacific Subtropical High (W PSH), convection above warmpool and precipitation in the Yangtze and Huaihe R iver Valley in summer in interannual scale are investigated by using the eight IPCC AR4 simulations in 20 century, observations and reanalysis data. It is revealed that, of the eight climate system models, GFDL-CM2. 1 can realistically represent the relationships, and GFDL-CM2. 1 and ECHAM5_MPI/ OM can significantly simulate East A sia/Pacific (EAP) teleconnection while the result of GFDL-CM2. 1 shows nearly the same as that of reanalysis. It is also found that, in order to well simulate the merdional location of WPSH. When come to the simulation of the continual distribution of WPSH merdional location, models with higher merdional resolution tend to have better results By analyzing the experiment results of GFDL-CM2. 1 in scenario SRES A1B, it is found that, as the CO₂ concentration in atmosphere increases, during first several decades in 21st century, summer precipitation in the Yangtze and

收稿日期: 2009-01-12; 改回日期: 2009-05-03

基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2004CB418300;2006CB400500);国家科技支撑计划项目(2008BAK50B02);中科 院科学院三期创新方向项目(KZCX2-WW-220);国家自然科学基金资助项目(40890155;40775051;U0733002;40810059005);中 国科学院知识创新工程领域前沿项目(NP07314)

作者简介:黄刚 (1971—),男,北京人,博士,研究员,博士生导师,研究方向为季风动力学、全球变化以及区域响应、数值模拟,hg@mail iap. ac. cn

Huaihe River Valley tends to be below normal; while during last few decades in 21st century, the rainfall may be above average.

Key words: IPCC AR4; climate simulation in 20th century; West Pacific subtropical high; convection above wampool; precipitation

0 引言

工业的迅速发展,温室气体和气溶胶的排放,已 对复杂的自然界,尤其是气候系统产生重要的影响。 为此,政府间气候变化工作组(PCC)每五年就不断 增加的温室气体和气溶胶对地球未来气候的影响进 行评估。每一次评估都集合了当今世界上最先进的 气候系统模式,按照指定的陆地框架和大气情景进 行数值模拟试验,并以此作为依据对未来地球的可 能气候状况做出估计。然而,由于各个气候系统模 式的性能问题,评估结果也存在很大的不确定性。 为了合理地作出评估,需要对模式在不同地区的表 现进行综合评估。

由于 IPCC和各相关领域的科学家对模式结果 的关注,气候系统模式为 IPCC第4次评估报告 (AR4)准备试验时,进行一项额外的模拟——按照 20世纪实际的温室气体、气溶胶排放和太阳辐射对 气候系统模式进行强迫试验,其试验名称为20世纪 气候模拟。此项试验是用来检验参加 IPCC AR4的 气候系统模式对当今气候的模拟再现能力。

我国地处东亚季风区,东亚季风年际变化很大, 造成的气候灾害频繁出现,尤其是东亚夏季风的年 际变化造成了东亚地区大范围的旱涝灾害,给工农 业生产带来了重大损失。为此,许多科学家从不同 角度就东亚夏季风的变化规律进行了一系列研究。 西北太平洋副热带高压与东亚夏季风降水联系紧 密^[1-2],副高偏南时江淮流域降水偏多,副高偏北覆 盖在江淮流域上空时降水偏少[3-5],副高脊线位置的 异常对我国夏季旱涝灾害有很重要的预测意义^[6]。 热带西太平洋暖池是世界上海表温度最高的海域, 这里的海气相互作用非常强烈;西太平洋暖池处于 Walker环流的上升支,这里的降水活动和对流活动 也相当强烈。西太平洋暖池是东亚附近强大的能量 源、其上空的对流变化对东亚夏季风的年际变化起 到了相当重要的作用。大量的研究^[3,5,79]表明:菲 律宾上空对流活动能激发出沿东亚沿岸至北美的罗 斯贝波,在高度场上表现为东亚太平洋遥相关型 (East A sia/Pacific teleconnection pattern, EAP型), 其强弱能导致副高南北位置的变化,进而导致东亚 地区的降水异常。以东亚太平洋遥相关型的研究结 果为基础,Huang^{10]}定义了一个指数,该指数(简称 EAP指数)能够很好地表征东亚地区环流、降水的 年际变化特征。

早在 20世纪 90年代前后,一些 AGCM 数值试 验[5.8.11]已经成功模拟出西太平洋对流活动对副热 带高压的影响。时隔十几年, IPCC AR4集合了当今 世界上最先进的气候系统模式,进行了 20世纪气候 模拟试验。这些模式的分辨率、动力框架和物理参 数化过程,相对 20世纪 90年代前后的模式都有了 不同程度的改进。但是参与 20世纪气候模拟的均 为气候系统模式,海温不是其强迫源,气候系统模式 对海温模拟的不确定性又对东亚夏季风的年际变化 的模拟产生影响。气候数值模拟是东亚夏季风研究 和预测的重要工具,究竟现在的气候系统模式对东 亚夏季风年际变化的可模拟性如何,是东亚夏季风 研究和预测需要解决的问题之一。因此,利用当今 先进气候系统模式对东亚夏季风的评估显得十分重 要。本文选取在东亚地区表现比较好的 8个模式的 模拟结果,就西太平洋副热带高压、暖池对流活动以 及东亚降水关系进行分析 ,并与相应的再分析资料 和观测资料结果进行比较,指出对三者关系模拟较 好的模式,并得出改进东亚夏季风年际变化模拟的 一些可能方法。最后,利用在东亚夏季气候模拟能 力较强的模式对未来情景下东亚夏季风可能的年际 变化趋势作出估计。

1 资料

本文分析基于 8个在东亚表现较好的气候系统 模式在 20世纪气候模拟试验中 1979—1998年的模 拟结果以及 GFDL-CM2.1模式在 SRES A1B 情景下 2001—2100年的试验结果,表 1给出了这些模式的 名称、研发单位及其分辨率。为了验证这 8个模式 在这 20 a的模拟能力,使用了对应年份的多种观测 和再分析资料,包括 ECMWF 40 a 再分析资料 (ERA-40)^[12]的 500 hPa 高度场、850 hPa 风场, CMAP^[13]降水资料,美国国家海洋及大气管理局 (NOAA)插值的大气层顶出射长波辐射(OLR)资 料^[14]。

| 模式名称 | 模式研发单位、国家 | 分辨率 |
|----------------------|--|----------------------|
| CCSM 3 | National Center for A tn ospheric Research, USA | T85(1.5 °×1.5 °L26 |
| ECHAM 5 /M PI-OM | M ax Plank Institute for M eteorology, Gem any | T63(1.9 °×1.9 %L31 |
| GFDL -CM 2.0 | U. S. Dept of Commerce/NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA | 2.0 ° ×2.5 L 24 |
| GFDL -CM 2.1 | U. S. Dept of Commerce/NOAA/Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA | 2.0 ° ×2.5 L24 |
| M ROC3.2(hires) | Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAM STEC), Japan | T106(~1.1°×1.1°L56 |
| M IROC3. 2 (m edres) | Center for Climate System Research (University of Tokyo), National Institute for Environmental Studies, and Frontier Research Center for Global Change (JAM STEC), Japan | T42(~2.8 ° x2.8 9L20 |
| UKMO-HadCM3 | Hadley Center for Climate Prediction and Research /M et Office, UK | 2.5 ° ×3.8 °L 19 |
| UKMO-HadGEM | Hadley Center for Climate Prediction and Research M et Office, UK | ~1.3 °×1.9 Ľ38 |

表 1 文中使用到的 AR4模式

Table 1 Models participating in analysis

2 西太平洋副高南北位置指数定义

中国气象局国家气候中心气候系统诊断预测室 定义的西太平洋副高脊线,很大程度上依赖于人工 判断。而在分析大量模拟资料时,使用人工手段来 判断西太平洋副高脊线是一项非常繁琐的工作。有 鉴于此,为了更方便地比较再分析资料和大量模拟 结果中副高南北位置的变化,参照副高脊线的定义, 定义了一个平均的副高脊线南北位置,称之为副高 南北位置变化指数(Index of West Pacific subtrop ical high ridge line Meridional Displacement, WMD)。 其具体定义如下:考虑到各模式模拟资料分辨率存 在差异,在保持纬向网格点数不变的情况下,将指定 区域(110~150°E, 10~40 °N)内夏季平均的 500 hPa高度场统一插值到经向网格距为 0.5 的网 格上,对插值后的数据做纬向平均,取出最大值所在 的纬度,以此纬度值作为副高南北位置变化指数。

利用 1979—1998 年 ERA -40 资料,得到了 WMD的一个时间序列,与中国气象局定义的西太 平洋副高脊线指数的相关性为 0.45,通过了 95%的 置信水平检验。利用 ERA -40 1979—1998 年 WMD,分别与 NOAA OLR、CMAP回归。结果显 示:WMD指数高,即副高偏北时,西太平洋暖池对 流强,江淮经日本以南至日本以东降水偏少;反之, WMD指数低,即副高偏南时,暖池对流弱,江淮经 日本以南至日本以东降水偏多。这与大量观测结果 一致^[3,5,79]。因此,该指数能够较好地反映西太平 洋副高南北位置的变化特征。

3 20世纪气候模拟中夏季西太平洋 副高南北位置的年际变化特征

3.1 西太平洋副热带高压南北位置指数随纬度的 分布特征

图 1为 ERA -40和 8个模式结果中副高在各个 纬度出现次数的分布。ERA -40结果(图 1)显示, WMD分布频率最高的为 23~24 N, GFDL -CM 2.0 和 M ROC3.2(medres)能够准确模拟出这一特征, GFDL -CM 2.1、ECHAM 5_M PI/OM 和 CCSM 3.0中 副高指数分布最大的纬度偏高, M ROC3.2(hires)、 UKMO -HadCM 3和 UKMMO -HadGEM 模拟出的纬 度范围偏低。

与此同时, ERA -40中 WMD 表现出随纬度连续分布的特征,无一模式能准确模拟出此特征,但是结合表 1的各模式水平分辨率可以看出,经向分辨率高的模式 (如 M ROC3.2(hires)、CCSM 3.0)模拟的 WMD 随纬度连续分布特征明显优于经向分辨率低 (如 UKMO-HadCM 3)的模式。因此,要更好地模拟出副高随纬度的连续分布特征,一个经向分辨率较高的模式是必须的。

虽然 M IROC3.2(hires)能够相对较好地模拟出 西太平洋副高随纬度连续分布的特征,但是其模拟 的西太平洋副高分布频率最高的纬度偏低,在这一



图 1 西太平洋副热带高压南北位置指数出现次数随纬度的分布 a ERA -40; h GFDL -CM 2. 0; c GFDL -CM 2. 1; d M I-ROC3. 2 (hires); e M IROC3. 2 (medres); f ECHAM 5_M PI/OM; g CCSM 3. 0; h U KM O -HadCM 3; i U KMM O -HadGEM Fig 1 Variations of occurrence number of W PSH merdional location index with latitudes a ERA -40; h GFDL -CM 2. 0; c GFDL -CM 2. 1; d M IROC3. 2 (hires); e M IROC3. 2 (medres); f ECHAM 5_M PI/OM; g CCSM 3. 0; h U KM O -HadCM 3; i U KMM O -HadCM 40; h U KM 0 -HadCM 40; h U KM 40; h U KM

项的模拟上不及分辨率略低的 GFDL-CM 2.0 和 M IROC 3.2 (m edres),说明在西太平洋副高位置的 数值模拟中,分辨率的高低没有起到决定性的作用。

3.2 暖池对流、东亚地区降水、环流与副高南北位 置的关系

许多学者就东亚地区的副高的南北位置与东亚 地区环流、降水、暖池对流的关系做过大量研 究^[3,5,79]。当菲律宾上空对流活动活跃时,西太平 洋副高位置异常偏北,我国江淮地区、朝鲜半岛和日 本等地区的降水偏少;而菲律宾上空对流活动偏弱 的时候,西太平洋副高位置偏南,中国江淮地区、韩 国和日本南部的降水偏多。理论分析^[5,7]表明,北 半球夏季环流存在着从热带暖池经东亚至北美西部 的东亚太平洋遥相关型(EAP型),它与西太平洋副 高之间的关系非常密切;数值模拟^[8,11]也证实, EA P 型与西太平洋对流活动之间存在一定关系。

NOAA OLR资料与 WMD 回归结果 (图 2)显示,在菲律宾附近至日界线有一条高显著性的带状 区域,说明此区域内 OLR与西太平洋副高南北移动 有很好的对应关系,与黄荣辉等^[3,5]的研究结果一 致。模拟结果中,GFDL-CM 2.1和 ECHAM 5_M PI/ OM 能比较正确地模拟出西太平洋暖池对流与副高 南北移动的显著关系,其中 ECHAM 5_M PI/OM 的 显著性偏弱;GFDL-CM 2.0, M ROC3.2 (medres)和 CCSM 3.0在西太平洋暖池附近没有显著信号,M I-ROC3.2 (medres)和 CCSM 3.0的显著区域偏移到 日界线附近;M ROC3.2 (hires)、UKMO-HadCM 3和 UKMMO-HadGEM 中暖池对流与副高南北移动有



图 2 夏季 OLR与西太平洋副热带高压南北位置指数的回归结果 (等值线间隔为 1 W /m²;阴影区表示回归信度超过 90%) a NOAA OLR; b GFDL-CM 2.0; c GFDL-CM 2.1; d M IROC3.2 (hires); e M IROC3.2 (medres); f ECHAM 5_ M PI/OM; g CCSM 3.0; h UKMO-HadCM 3; i UKMMO-HadGEM

Fig 2 Regression patterns of JJA OLR with respect to index of merdional location of W PSH (contour interval is $1 \text{ W}/\text{m}^2$; shaded areas denote regions of significant by 90% confidence level) a NOAA OLR; b GFDL-CM 2. 0; c GFDL-CM 2. 1; d M I-ROC3. 2 (hires); e M IROC3. 2 (medres); f ECHAM 5_M PI/OM; g CCSM 3. 0; h U KMO-HadCM 3; i U KMMO-HadGEM

显著关系,但是它们的模拟结果与观测结果截然相 反。

CMAP资料与 WMD 回归结果 (图 3)显示,在 东亚附近存在两条高显著性的带状分布,一条从中 国江淮地区经日本南部至日本岛以东,另一条在西 太平洋暖池北部。两个带状区域内降水与副高南北 移动的关系截然相反,即副高偏北,日本附近降水偏 少,暖池北部降水偏多;副高偏南,日本附近降水偏 多,暖池北部降水偏少。模拟结果中,GFDL-CM2.1 和 CCSM 3.0能模拟出从中国江淮地区经日本南部 至日本岛以东降水与副高南北位置显著负相关的关 系,但是 CCSM 3.0没有能模拟出西太平洋暖池北 部降水与副高南北位置的合理关系;除 GFDL-CM2.1和 CCSM 3.0外的 6个模式都没有能合理模 拟出与 CMAP结果相似的两个带状区域与副高南 北位置的显著关系。

ERA -40 850 hPa风场与 WMD 回归结果 (图 4)显示,副高位置偏北时,在东亚沿岸副热带、中纬度、高纬度以及阿留申附近,依次为气旋、反气旋、气

旋、反气旋的配置,其中在东亚副热带地区气旋的范 围较大,从中国东南沿岸一直延伸至日界线附近;副 高位置偏南时,东亚至北美太平洋沿岸呈现出相反 的配置。模拟结果中,GFDL-CM2.1相对合理,基 本能模拟出与再分析结果类似的配置。与再分析结 果相比,GFDL-CM2.1的结果在副热带的气旋偏 小;中纬度反气旋不明显,反气旋环流偏北且略为西 伸。ECHAM5_MPI/OM和CCSM3.0结果在东亚 中纬度呈现出一个大范围的反气旋环流,但是在东 亚副热带的气旋不显著。GFDL-CM2.0的结果在 东亚至北美阿拉斯加的太平洋沿岸无显著的气旋反 气旋环流配置。MIROC3.2(hires)、MIROC3.2 (medres)、UKMO-HadCM3和UKMMO-HadGEM 模拟结果偏南,与再分析结果中的气旋、反气旋配置 相反。

ERA -40 500 hPa 高度场与 WMD 回归结果 (图 5)显示,所有结果均在东亚低中高纬呈现出异 常波列的分布。ERA -40 结果在东亚地区副热带、 中纬度、高纬和阿留申附近分别存在显著的负、正、

第 32卷



图 3 夏季降水与西太平洋副热带高压南北位置指数的回归结果 (等值线间隔为 0.2 mm /d; 阴影区表示回归信度超过 90%) a CMAP; b GFDL-CM 2.0; c GFDL-CM 2.1; d M IROC3.2 (hires); e M IROC3.2 (medres); f ECHAM 5_M PI/ OM; g CCSM 3.0; h UKMO-HadCM 3; i UKMMO-HadGEM

Fig 3 Regression patterns of JJA precipitation with respect to index of merdional location of WPSH (contour interval is 0.2 mm/d; shaded areas denote regions of significant at 90% confidence level) a CMAP; h GFDL-CM2.0; c GFDL-CM2.1; d M IROC3.2(hires); e M IROC3.2(medres); f ECHAM5_MPI/OM; g CCSM3.0; h UKMO-HadCM3; i UKMMO-HadCM4; hadGEM

负、正的高度场异常分布,即 EAP型。所有模拟结 果中,只有 GFDL-CM2.1和 ECHAM5能够模拟出 副高南北位移与 EAP型的显著关系,模拟的分布型 相对再分析结果略偏北,模拟的正负高度场异常中 心的显著性相对偏高。其他模式均没有合理模拟出 西太平洋副高与 EAP型的显著关系。

结合图 2c, 3c, 4c, 5c可见, GFDL-CM 2.1能够 合理模拟出东亚夏季风如下的年际特征:西太平洋 暖池对流活动强盛时,西太平洋副热带高压偏北,江 淮降水偏少;反之,西太平洋暖池活动偏弱,西太平 洋副热带高压位置偏南,江淮流域多雨。相对其他 模式, GFDL-CM 2.1在东亚夏季风年际变化的模拟 上有其优势。

比较 500 hPa高度场与 WMD 回归结果中高 度场正异常中心的纬度,以及再分析和模拟 WMD 的平均纬度,可知模式中中纬度附近波列正中心位 置的纬度与平均西太平洋副热带高压所在的纬度对 应关系较好 (图 6)。因此,要比较合理地模拟出北 半球夏季 EAP型纬度位置,合理模拟出西太平洋副 热带高压平均态的纬度位置是一个先决条件。

4 未来情景下东亚环流、降水的可能 变化趋势

根据东亚夏季高度场存在 EAP型, Huang^[10]定 义了 EAP指数,该指数能较好地反映东亚夏季风的 年际变化,与江淮流域降水有较高的相关性。 EAP 指数为负时,西太平副热带高压偏南,对应江淮流域 容易出现洪涝灾害; EAP指数为正时,西太平副热 带高压偏北,对应江淮流域降水偏少,容易出现干旱 灾害。3.2节中分析显示,GFDL-CM2.1能够显著 地模拟出 EAP型,并且能够较好地模拟出西太平洋 副热带高压以及江淮降水的合理关系,因此,可以利 用 GFDL-CM2.1在未来情景下的试验定性地对东 亚环流、降水可能的变化趋势作出初步估计。

IPCC¹¹⁵¹定义了 3种排放情景: SRES A 2, SRES A 1B 和 SRES B 1。这 3种最明显的特征是大气中

60°

₩ 30°N

0

60°N

度 30°N





图 4 夏季 850 hPa风场与西太平洋副热带高压南北位置指数的回归结果 (阴影区表示回归信度超过 90%;单位:m/s) a ERA -40; b. GFDL -CM 2.0; c. GFDL -CM 2.1; d M ROC3.2 (hires); e M ROC3.2 (medres); f ECHAM 5 _M PI/OM; g CCSM 3.0; h U KMO -HadCM 3; i U KMMO -HadGEM

Fig 4 Regression patterns of JJA 850 hPa wind with respect to index of merdional location of WPSH (shaded areas denote regions of significant at 90% confidence level; units: m/s) a ERA -40; b GFDL -CM 2. 0; c GFDL -CM 2. 1; d M IROC3. 2 (hires); e M IROC3. 2 (medres); f ECHAM 5_M PI/OM; g CCSM 3. 0; h U KMO -HadCM 3; i U KMMO -HadGEM

二氧化碳体积分数从 2000年的 368 ×10 ⁶分别增 长到 2100年的 800 ×10 ⁶以上、770 ×10 ⁶和 550 × 10 ⁶,其中 SRES A 1B 为相对中性的情景,也是本文 利用 GFDL -CM 2.1对未来东亚夏季风变化作估计 所使用的情景。

结合 EAP指数的定义,考虑 GFDL-CM2.1模 拟的 EAP型的位置相对再分析结果略有偏移,对 EAP指数做出相应的调整,原先定义的(125 €,20 ° N)、(125 €,40 N)和(125 €,60 N),分别调整为 (125 €,20 N)、(140 €,40 N)和(160 €,60 N)。 然后利用模式 SRES A1B 2001—2100年的试验结 果,得到 100 a的 EAP指数模拟结果。结果显示 (图 7),在 21世纪前 40 a,指数正值出现的次数偏 多,副高相对偏北,江淮流域偏旱的概率较大;随后 至 2080年左右,指数表现为正负交替,其振幅相对 2001—2040年的偏小,发生干旱和洪涝灾害的可能 性都比较小;2080年至 21世纪末,指数偏负,副高 位置偏南,江淮流域降水偏多,发生洪涝的概率较 高。在大气中二氧化碳浓度逐渐增加的情景下, EAP指数表现出减弱的趋势,江淮降水表现出增加 的趋势。

5 结论

在大量的模拟结果中利用人工判断的方法来确 定副高脊线位置,是一项非常繁琐的工作。为此,本 文定义了适用于判断再分析资料及模拟结果中西太 平洋副热带高压南北移动的指数,再分析资料中该 指数与中国气象局定义的副高脊线指数相关性通过 了 95%的置信水平检验,并能够反映出副高的南北 移动时暖池对流和江淮至日本以东降水的合理关 系。因此,该指数能比较好地表征副高的南北移动。

副高出现次数随纬度分布的比较中,经向分辨 率高的模式在模拟西太平洋副高分布位置的连续性 时存在一定优势,但经向分辨率对西太平洋副高模 拟结果的好坏并不起决定作用。

通过回归分析,研究了模式中西太平洋副热带 高压南北移动与暖池对流、东亚地区环流、降水之间 的关系,并与观测或再分析结果进行对比,结果显示 GFDL-CM 2.1能够合理地再现再分析资料和观测 结果中上述系统之间的相互关系,并且能够比较理



图 5 夏季 500 hPa高度场与西太平洋副热带高压南北位置指数的回归结果 (等值线间隔为 2 gpm;阴影区表示回归信度 超过 90%) a ERA -40; b GFDL -CM 2.0; c GFDL -CM 2.1; d M IROC3.2 (hires); e M IROC3.2 (medres); f ECHAM 5_ M PI/OM; g CCSM 3.0; h U KM O -HadCM 3; i U KM M O -HadG EM

Fig 5 Regression patterns of JJA 500 hPa geopotential height with respect to index of merdional location of WPSH (contour interval is 2 gpm; shaded areas denote regions of significant at 90% confidence level) a ERA -40; b GFDL -CM 2.0; c GFDL -CM 2. 1; d M IROC3.2 (hires); e M IROC3.2 (medres); f ECHAM 5_M PI/OM; g CCSM 3.0; h U KMO - HadCM 3; i U KMMO -H adG EM

想地模拟出 EAP型。

比较各个模式中 500 hPa高度场异常波列与平 均的西太平洋副热带高压南北移动指数之间的关 系,发现了合理模拟出 EAP型经向位置的必要条 件,即模式要合理模拟出西太平洋副热带高压的气 候态南北位置。

利用 GFDL-CM 2.1在 SRES A1B 情景下的试 验结果,比较得出,在 21世纪前 40 a,副高相对偏 北,江淮流域偏旱的概率较大;随后至 2080年左右, 发生干旱和洪涝灾害的可能性都比较小: 2080年至 21世纪末,副高位置偏南,江淮流域降水偏多,发生 洪涝的概率较高。总体而言,随大气中二氧化碳浓 度增加, EAP指数呈现出递减的趋势, 而江淮流域 降水有增加的趋势。

参考文献:

[1] 陶诗言,徐淑英.夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征 [J]. 气象学报, 1962, 32(1): 1-18.

- [2] 陶诗言,章名立,吕玉芬,中国夏季副热带天气系统若干问题 的研究 [M]. 北京:科学出版社, 1963.
- [3] 黄荣辉,孙凤英.热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流 活动对东亚夏季气候异常的影响 [J]. 大气科学, 1994, 18(2): 141-151.
- [4] 张庆云,陶诗言.夏季西太平洋副热带高压异常时的东亚大气 环流特征 [J]. 大气科学, 2003, 27(3): 369-380.
- [5] Huang R, Sun F. Impact of the tropical western Pacific on the East A sian summer monsoon [J]. J M eteor Soc Japan, 1992, 70 (1):243-256.
- [6] 吴国雄, 丑纪范, 刘屹岷, 等. 副热带高压研究进展及展望 [J]. 大气科学, 2003, 27(4): 503-517.
- [7] Nitta T. Convective activities in the tropical western Pacific and their inpact on the northern hem isphere summer circulation [J]. J M eteor Soc Japan, 1987, 65 (3): 373-390.
- [8] Huang R, Lu L. Numerical simulation of the relationship between the anomaly of subtropical high over East A sia and the convective activities in the western tropical Pacific [J]. Adv Atmos Sci, 1989, 6(2): 202-214.
- [9] Kurihara K. A climatological study on the relationship between the Japanese summer weather and the subtropical high in the



图 6 图 5中高度场正异常中心的纬度 (黑点线)和平均 西太平洋副热带高压的南北位置 (方格线)

Fig 6 Latitudes (line with heavy dot) of the positive centers in height anomaly fields of Fig 5 and mean index (line with hollow pane) of merdional location of W PSH in ERA -40 and simulations

western northern Pacific [J]. Geophys M ag, 1989, 43 (2): 45-104.

- [10] Huang G. An index measuring the interannual variation of the East A sian summer monsoon—the EAP index [J]. Adv A tmos Sci, 2004, 21 (1): 41-52.
- [11] Nikaidou Y. The PJ-like north-south oscillations found in 4month integrations of the global spectral model T42 [J]. JM eteor Soc Japan, 1989, 67 (4): 587-604.



图 7 SRES A 1B 情景下 EA P指数的变化 (黑实线为 10 a 滑动平均值)

Fig 7 The EAP index in SRES A1B scenario (black solid line denotes 10-yr sm oothed average)

- [12] Uppala S M, Kallberg PW, Simmons A J, et al The ERA 40 reanalysis [J]. Quart J Roy M eteor Soc, 2005, 131 (612): 2961-3012
- [13] 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 M eteor Soc, 1997, 78 (11): 2539-2558
- [14] L iebm ann B, Sm ith C A. Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset[J]. BullAmerMeteor Soc, 1996, 77 (6): 1275-1277.
- [15] IPCC. Climate change 2001: Synthesis report[R]. Cambridge: Cambridge University, 2001: 397.

(责任编辑:倪东鸿)