

文章编号: 1673-1719 (2008) 06-0357-06

温室效应引起的江淮流域 气候变化预估

田红¹, 许吟隆², 林而达²

(1 安徽省气象局气候中心, 合肥 230061;

2 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081)

摘要: 选用英国 Hadley 中心的 RCM-PRECIS 模式进行江淮流域气候变化的数值模拟。在验证了 PRECIS 在江淮流域模拟能力的基础上, 对未来 CO₂ 增加后江淮流域的气候变化响应进行了预估。结果表明: 在 B2 情景下, 整个江淮流域都将继续增暖, 到本世纪末 (2071—2100 年) 区域年平均温度将增加 2.9 °C, 夏季将可能出现更多的高温事件, 而冬季极端低温事件减少; 降水量呈增加趋势, 强降水 (尤其是 120 mm 以上的降水) 日数也将增多。

关键词: 气候变化; 区域气候模式; PRECIS; CO₂; 预估

中图分类号: P467 **文献标识码:** A

引言

江淮流域位于我国南北气候过渡带, 受低纬和中高纬天气系统的共同影响, 天气复杂多变, 气象灾害频繁。观测事实表明, 在全球变暖的背景下, 江淮流域气候在过去几十年里也发生了相应的变化, 尤其是冬季增温显著; 极端气候事件的强度和频率也有增加趋势^[1]。IPCC 第四次评估报告指出, 最近几十年的气候变暖“很可能”(发生概率 > 90%) 是由人类活动排放温室气体引起。随着经济发展和人民生活水平的提高, 未来 CO₂ 等温室气体的排放将继续增加, 那么, 江淮流域未来气候将如何变化? 我们对此问题进行了研究, 以便为区域气候变化适应和减缓对策研究提供科学依据。

国内外不少学者利用全球或区域气候模式研究了未来 CO₂ 排放增加时的气候变化响应, 大多数结果表明, 中国乃至东亚地区温度呈一致上升趋势, 降水量呈增加的总体趋势^[2-8]。

1 模式简介

英国 Hadley 气候预测与研究中心发展的区域气候模式 PRECIS (Providing Regional Climates for Impacts Studies) 由 GCM-HadCM3^[9] 发展而来, 其水平方向的网格距为 50 km, 垂直方向分为 19 层。在将 PRECIS 应用于某一特定区域发展气候情景时, 可应用高分辨率的 GCM-HadAM3H 在侧边界驱动 PRECIS, 以得到更高分辨率的区域气候情景。在本

收稿日期: 2008-02-12; 修订日期: 2008-06-19

基金项目: 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室合作开放基金项目; 安徽省人才开发资金项目资助

作者简介: 田红 (1965-), 女, 正研级高工, 从事气候变化及预测研究。E-mail: linda2383@163.com

研究中, PRECIS 不包括海洋的反馈作用。

2 模式效果检验

2.1 平均场

以 GCM-HadAM3H 输出的 1961—1990 年的模拟结果作为 PRECIS 的侧边界, 积分 30 a 得到基准气候 (Baseline)。

图1是江淮流域全年、夏季、冬季平均气温的基

准气候模拟结果与同期观测值的比较。可见, 无论什么季节, 模拟的温度分布形势都与观测相似。对于年平均及冬季, 模拟和观测的平均气温基本呈纬向分布, 都是自北向南逐渐升高, 特别是冬季, 模式很好地模拟出了这种温度梯度。在皖南山区有一个低值区, 说明模式对平原、丘陵和山地温度都有较好的模拟能力。夏季观测和模拟的温度都是沿海低、内陆高, 这是由于海洋对温度有调节作用。除冬季江北地区外, 模拟的平均温度比观测结果普遍

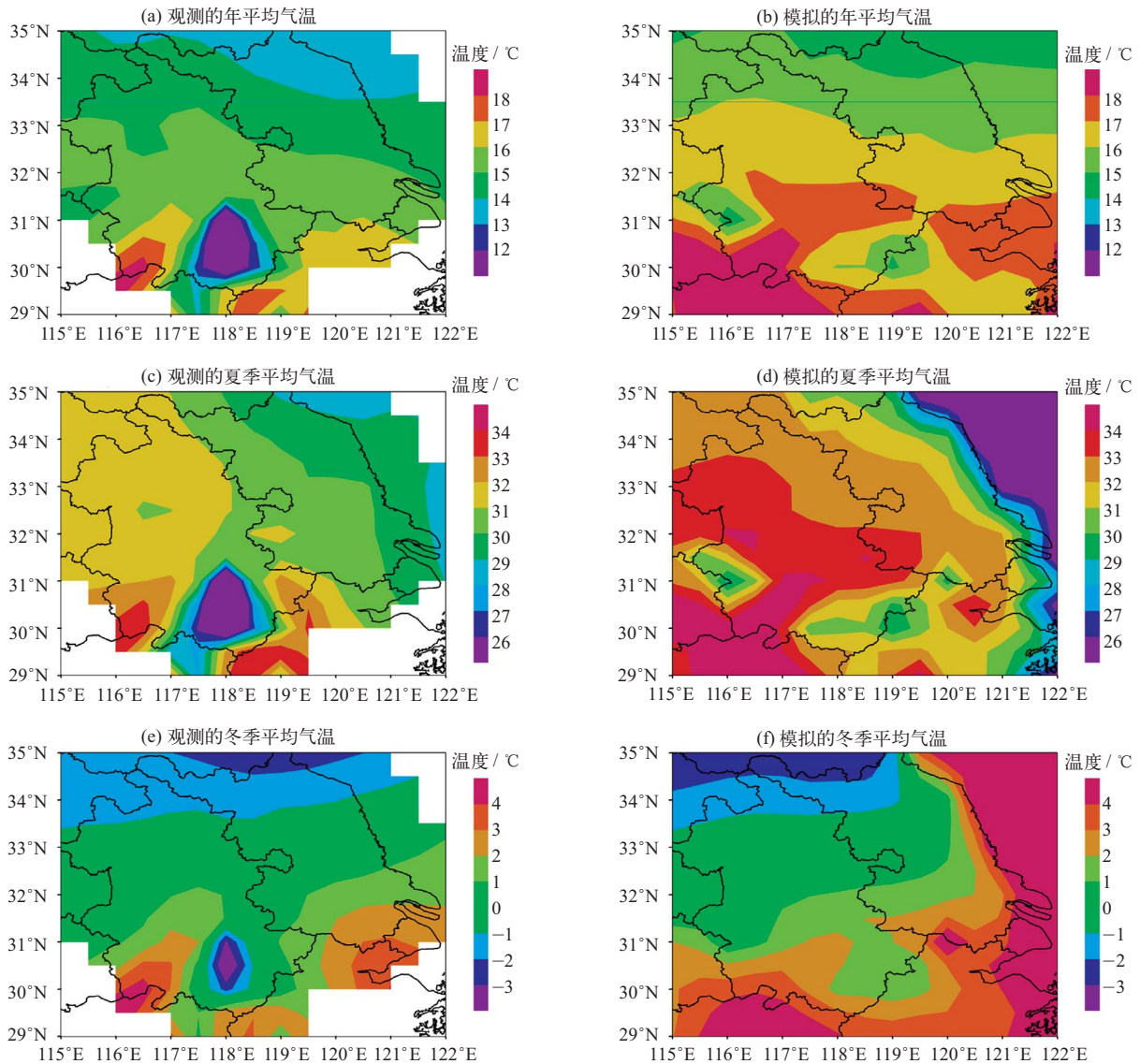


图1 江淮流域 1961—1990 年平均气温观测值与基准气候模拟值的比较

Fig. 1 Comparison between the observed (left) and simulated (right) temperatures (°C) in the Changjiang-Huaihe River valley during 1961—1990 (top: annual; mid: summer; bottom: winter)

偏高 0.5~1.5 °C。

从降水的模拟和观测对比(图2)来看,模式较好地模拟出江淮流域降水的空间分布特征。虽然模式对平原、丘陵和山地降水都有较好的模拟能力,但其效果有季节差异,冬季的模拟效果最好。夏季模拟的降水与观测值差异较大,模拟值小于观测值。究其原因,可能是因为我国东部地区夏季降水除了受大型天气系统的影响外,也受中小尺度的强对流及台风的影响,但要准确地模拟出这类过程可能尚有难度;另外,夏季降水局地性强、平均日降水量相对于全年和冬季来说偏高很多,造成空间区域中出现了一些“奇异点”,这也可能导致夏季降水模拟

效果相对较差。

2.2 统计分析

为了进一步验证模式的模拟能力,将模式输出格点上逐日温度和降水的出现频率与对应的站点作比较。总体来看,温度的出现频率都呈双峰型分布(见图4a, b, c),但存在位相差。降水在 50 mm/d 的量级内(即小雨、中雨和大雨)模拟与观测频率吻合得相当好,但模拟的暴雨以上量级的强降水频率比观测频率要低一些(见图4d)。

由此可见,PRECIS能够很好地模拟出江淮流域温度和降水的空间分布和季节变化。

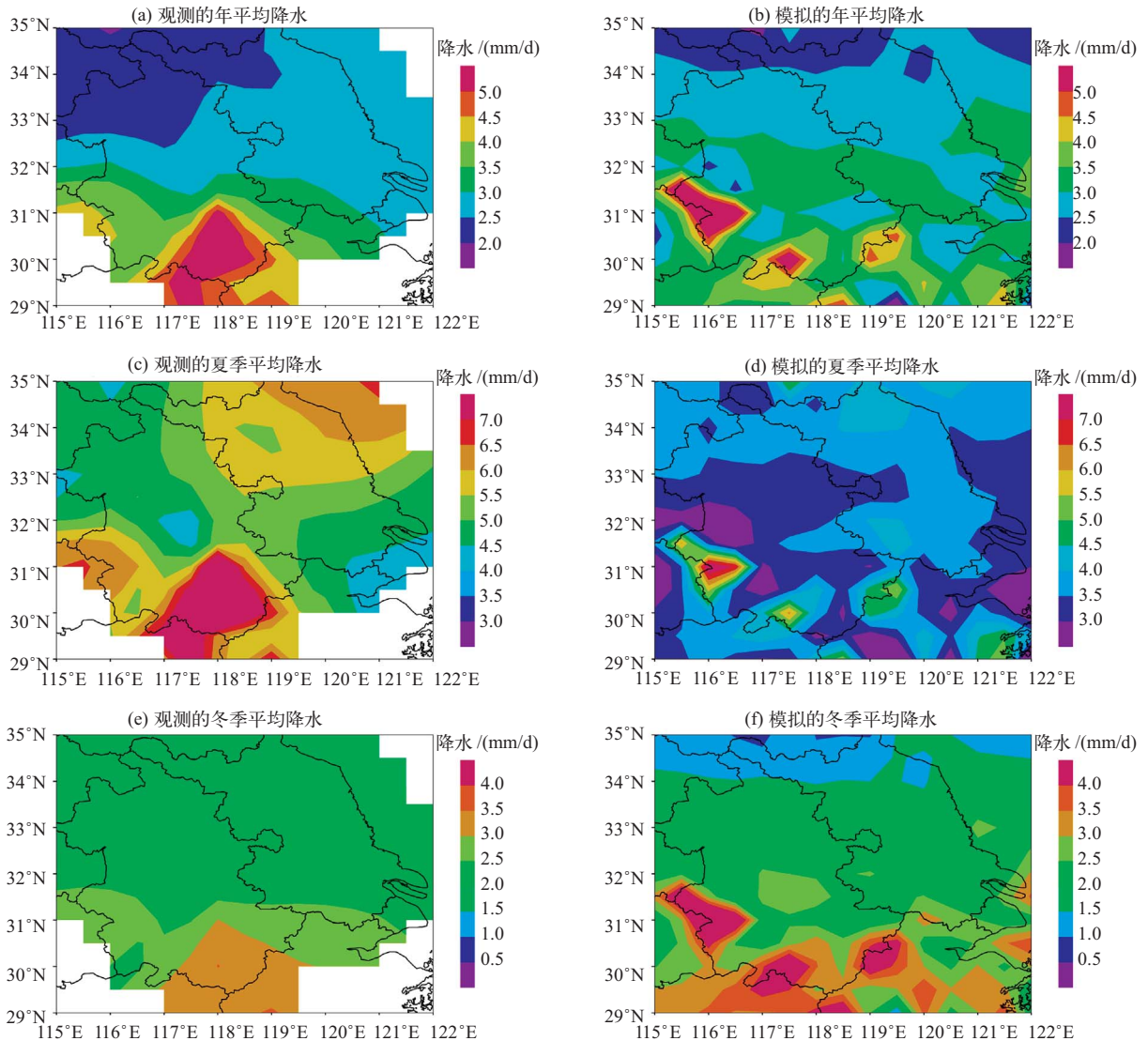


图2 江淮流域 1961—1990 年平均降水量观测值与基准气候模拟值的比较

Fig. 2 Same as Fig. 1 but for precipitation (mm/d)

3 气候变化预估

在IPCC发展的排放情景中, SRES B2为区域可持续发展情景。B2情景中, 人口连续增长, 经济发展处于中等水平, 更重视局地或区域的环境保护和社会平等。由于B2情景可能最接近本文研究区域的未来发展趋势, 因此选用B2情景来进行气候变化预估。

3.1 平均场

图3给出了SRES B2情景下PRECIS预估的江淮流域2071—2100年温度、降水量与1961—1990

年模拟结果的差。在B2情景下, PRECIS预测整个江淮流域都将增暖, 北部地区升温更明显; 冬季平均增加2.8℃, 夏季增加3.2℃, 年平均增加2.9℃; 增温百分比冬季远远大于夏季, 达70%左右。降水的情况比温度复杂, 年降水量在整个流域都增加, 增加值平均为0.2 mm/d。降水变化的空间分布随季节不同: 冬季除流域最南部地区外, 大部分地区降水增加; 夏季降水量北部减少而南部增加, 长江以南降水增加明显。这与我国学者关于CO₂倍增后, 21世纪后30 a中国汛期“三类雨型”出现频率将增多的结论一致^[10]。未来夏季江淮流域北部有干旱化趋势, 因为该地区夏季温度增加更多, 但降水量有所

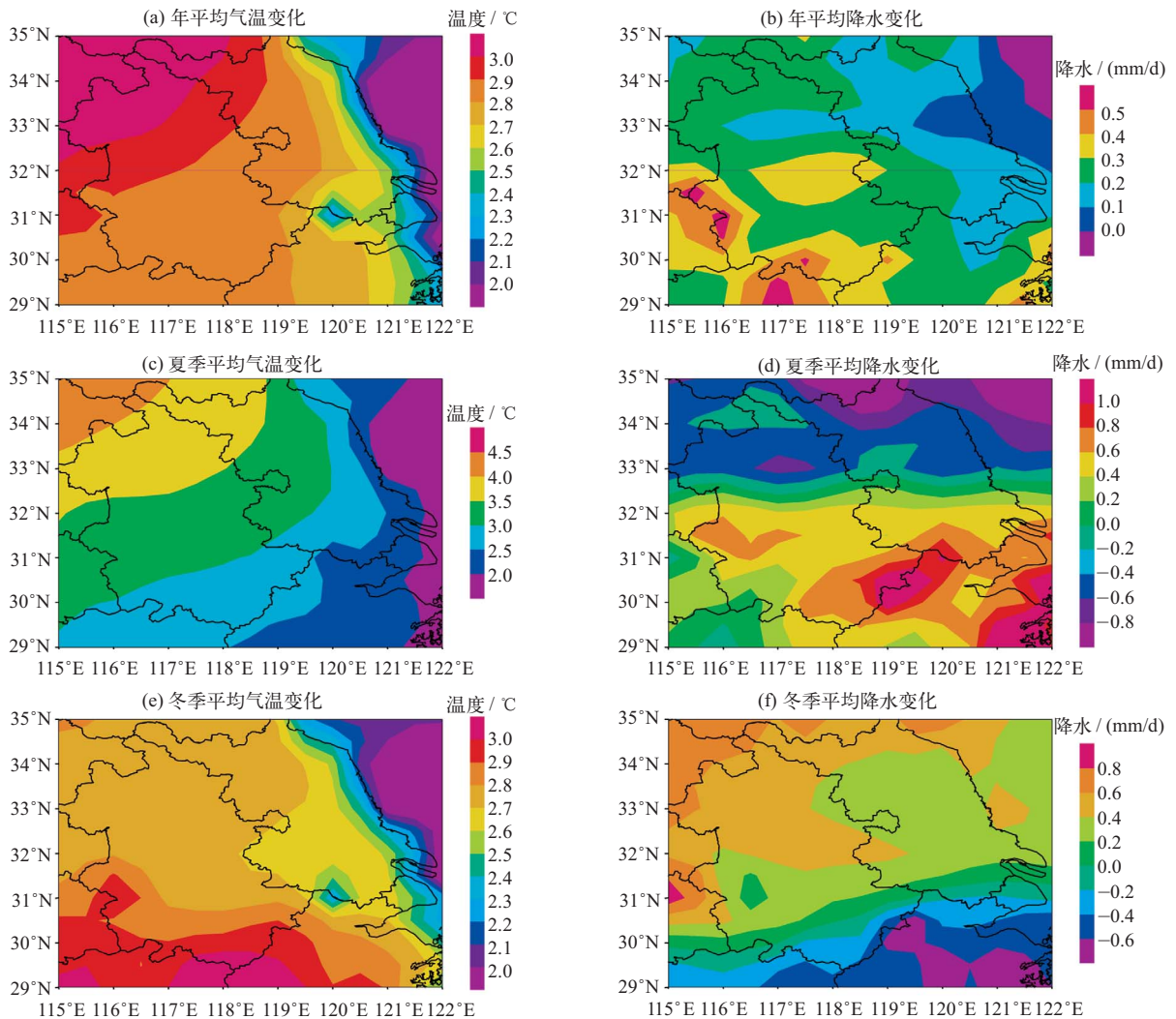


图3 PRECIS模拟的江淮流域未来温度和降水量在B2情景下相对于基准气候的变化

Fig. 3 Changes in mean temperature (left, °C) and precipitation (right, mm/d) in the Changjiang-Huaihe River valley over 2071—2100 under the SRES B2 scenario compared with the baseline (top: annual; mid: summer; bottom: winter)

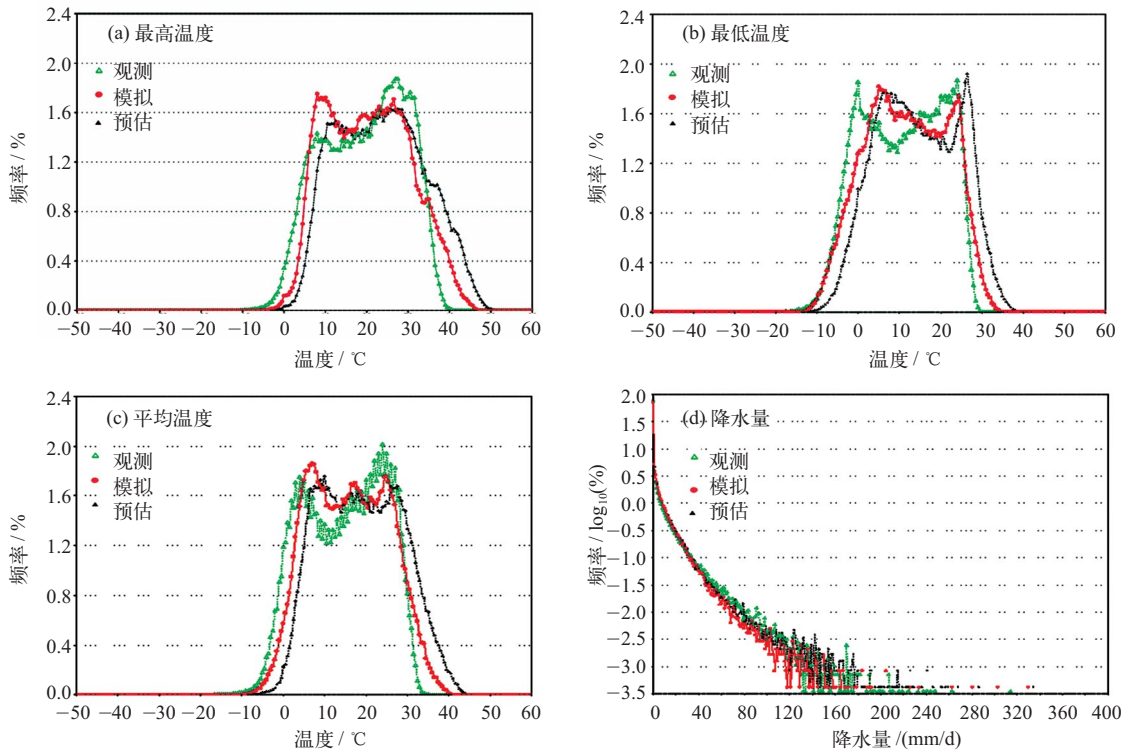


图4 PRECIS 模拟的江淮流域基准气候 30 a 逐日最高温度、最低温度、平均温度、降水量与台站同期观测值及 B2 情景下预估值的概率分布比较

Fig. 4 Comparison of occurrence frequencies of daily (a) maximum, (b) minimum and (c) mean temperatures, and (d) daily precipitation in the Changjiang-Huaihe River valley among the observations and simulations over 1961–1990 and projections over 2071–2100 under the SRES B2 scenario

减少。比较而言，未来夏季降水变率比冬季大。

3.2 统计分析

利用 PRECIS 模拟的 1961—1990 年基准气候和 B2 情景下 2071—2100 年的结果，进行了 B2 情景下气候变化响应的统计分析 (图 4)。结果表明：无论是最高、最低或平均温度，预估和观测结果的相对变化型式都非常相似；未来低温段的概率将减小，而高温段的概率将增大，尤其是夏季 37℃ 以上的高温天气将增多 (图 4a)，冬季 4℃ 以下的寒冷天气将减少 (图 4b)。中间温度段的概率分布有所调整，较低温度段的概率将增大，而较高温度段的概率将减小，平均温度 (图 4c) 在 10~30℃ 各等级温度出现的频率趋于接近。未来极端降水事件增加，强降水 (尤其是 120 mm/d 以上的降水) 日数将增多 (图 4d)。

总体来看，江淮流域未来气候变化趋势与全国

一致，即随着 CO₂ 浓度增加，温度升高，降水也略有增多。

4 结论和讨论

(1) 本文选用的区域气候模式 PRECIS 能够模拟出江淮流域平均温度和降水的空间分布特征和季节变化，对极端温度和降水也具有一定的模拟能力。但效果有季节差异，冬季模拟效果最好。模拟的温度普遍比观测偏高。

(2) PRECIS 预估 B2 情景下江淮流域 21 世纪后 30 a 年平均气温相对于基准气候增加 2.9℃，北部地区升温更明显。夏季将可能出现更多的热浪天气，而极端气候冷害事件呈减少趋势。整个流域年平均降水量都将增加，增加值为 0.2 mm/d。夏季降水变率将比冬季大。极端降水事件增加，强降水 (尤其是

120 mm/d 以上的降水) 日数也将增多。

未来气候预估也存在不确定性, 这种不确定性主要来自于排放情景的多样性、气候模式的不确定性、气候自然变化的难预测性以及气候系统各圈层和多因子相互作用的复杂性, 等等。但总体来说, PRECIS用于江淮流域未来气候变化的预估是令人鼓舞的。 ■

参考文献

- [1] 田红, 李春, 张士洋. 近 50 年我国江淮流域气候变化 [J]. 中国海洋大学学报 (自然科学版), 2005, 35 (4): 539-544
- [2] Guo Yufu, Yu Yongqiang, Liu Xiying, *et al.* Simulation of climate change induced by CO₂ increasing for East Asia with IAP/LASG GOALS Model [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2001, 18 (1): 53-65
- [3] 布鲁朝和. 东亚季风区气候未来变化的情景分析—基于 IPCC SRES A2 和 B2 方案的模拟结果 [J]. 科学通报, 2003, 48 (7): 737-742
- [4] 姜大膀, 王会军, 朗咸梅. SRES A2 情景下中国气候未来变化的多模式集合预测结果 [J]. 地球物理学报, 2004, 47 (5): 776-784
- [5] 许吟隆, Jones R. 利用 ECMWF 再分析数据验证 PRECIS 对中国区域气候的模拟能力 [J]. 中国农业气象, 2004, 25 (1): 5-9
- [6] 许吟隆. 中国 21 世纪气候变化的情景模拟分析 [J]. 南京气象学院学报, 2005, 28 (3): 323-329
- [7] 许吟隆, 黄晓莹, 张勇, 等. 中国 21 世纪气候变化情景的统计分析 [J]. 气候变化研究进展, 2005, 1 (2): 80-83
- [8] 许吟隆, 张勇, 林一骅, 等. 利用 PRECIS 分析 SRES B2 情景下中国区域的气候变化响应 [J]. 科学通报, 2006, 51 (17): 2068-2074
- [9] Gordon C, Cooper C, Senior C A, *et al.* The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Center coupled model without flux adjustments [J]. *Climate Dynamics*, 2000, 16: 147-168
- [10] 高学杰, 赵宗慈, 丁一汇, 等. 温室效应引起的中国区域气候变化的数值模拟 II: 中国区域气候的可能变化 [J]. 气象学报, 2003, 16 (1): 29-38

Climate Change Due to Greenhouse Effects in Changjiang-Huaihe River Valley Projected by a Regional Climate Model

Tian Hong¹, Xu Yinlong², Lin Erda²

(1 *Anhui Provincial Meteorological Bureau, Hefei 230061, China*; 2 *Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract: A regional climate model (PRECIS), developed by the UK's Hadley Center for Climate Prediction and Research, was used to simulate the climate in the Changjiang-Huaihe River valley. PRECIS' capacity for simulating present climate over the valley was firstly validated by comparing the simulations of temperature and precipitation with the observations during 1961-1990; the model was then used to project the climate change over 2071-2100 in the valley. The results give a regional annual average surface warming of 2.9 °C and a somewhat increase in precipitation under the SRES B2 emission scenario by the end of the 21st century (2071-2100). The results also present more extremely high temperature events during summer and fewer extremely cold events during winter. The number of days with heavy rain (especially above 120 mm/d) will be likely to increase.

Key words: climate change; regional climate model; PRECIS; CO₂; projection