

Jiang D B, Wang H J, Lang X M. Multimodel ensemble prediction for climate change trend of China under SRES A2 scenario. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2004, 47(5): 776 ~ 784

SRES A2 情景下中国气候未来变化的多模式 集合预测结果

姜大膀^{1,2} 王会军¹ 郎咸梅¹

1 中国科学院大气物理研究所竺可桢-南森国际研究中心, 北京 100029

2 中国科学院东亚区域气候-环境重点实验室, 北京 100029

摘要 采用政府间气候变化委员会资料中心的模式预测结果, 本文分析了 SRES A2 温室气体和气溶胶排放情景下中国大陆 21 世纪前 30 年的 10 年际气候变化趋势. 研究揭示: 大陆冬季和夏季表面温度、表面最高温度和最低温度分别升高 0.3~2.3、0.1~2.0、0.5~2.7, 增幅大体上呈现东西向带状分布, 由南至北升温逐渐加强, 且增幅随时间加大. 此外, 上述三气候要素冬季升温幅度要大于同期夏季、表面最低温度升幅要强于同期表面最高温度, 冬季和夏季表面温度的季节内变化范围减小. 冬季东亚地区海平面气压异常幅度在 -1.0hPa 至 0.4hPa 之间变化, 呈东西向带状分布, 表现为南正北负, 随时间推进异常幅度有所加大, 正负交界面向南扩展; 同时, 东北、华北和西部海平面气压负异常较大. 夏季海平面气压异常空间分布与冬季相似. 2001~2030 年, 青藏高原大部、大陆东南部和河套大部分地区降水量增加 0.1~0.8mm/d.

关键词 SRES A2 排放情景 温度 海平面气压 降水

文章编号 0001-5733(2004)05-0776-09 中图分类号 P461 收稿日期 2003-08-07, 2004-05-24 收修定稿

MULTIMODEL ENSEMBLE PREDICTION FOR CLIMATE CHANGE TREND OF CHINA UNDER SRES A2 SCENARIO

JIANG Da-Bang^{1,2} WANG Hui-Jun¹ LANG Xian-Mei¹

1 Nansen-Zhu International Research Centre, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

2 Key Laboratory of Regional Climate-Environment Research for Temperate East Asia, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China

Abstract Based on the outputs as simulated by seven climate models under SRES A2 greenhouse gas and aerosol scenario, we analyze the decadal climate change trend of China during 2001 to 2030. It is revealed that the surface temperature, the maximum temperature, and the minimum temperature over China will rise by 0.3 - 2.3, 0.1 - 2.0, and 0.5 - 2.7, respectively, and enhancement magnitude is generally larger toward high latitudes and gradually enlarges with time march. In addition, the warming magnitude of variables mentioned above will be larger in winter than synchronizing summer, and the increase of the surface minimum temperature will be larger than the maximum temperature in the corresponding period, which leads to the smaller intra-seasonal variation of the surface temperature. Sea level pressure anomalies over East Asia in winter will be confined within -1.0hPa to 0.4hPa and exhibit a zonal band-shape distribution, with the positive (negative) values in south (north) parts. Moreover, the anomaly magnitude will become larger, and zero

基金项目 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX3-SW-221)、国家杰出青年基金项目 (40125014) 及国家“十五”科技攻关项目 (2001BA611B-01) 联合资助.

作者简介 姜大膀, 男, 1974 年生, 博士, 主要从事古气候模拟和气候变化研究. E-mail: jiangdb@mail.iap.ac.cn

contour line will move southward with time running, at the same time with larger negative values in Northeast, North, and West China. Sea level pressure anomalies in summer will resemble that in winter. The results also show that summer precipitation will increase by 0.1 ~ 0.8mm/d over most parts of the Qinghai-Xizang Plateau, Southeast China, and the Hetao region during 2001 to 2030.

Key words SRES A2 scenario, Temperature, Sea level pressure, Precipitation.

1 引言

全球平均表面温度自 1861 年以来持续升高, 20 世纪增加值为 0.6 ± 0.2 , 且现在已有新的和比较强的证据表明, 20 世纪全球变暖主要是由人类活动和自然变化的共同作用造成的^[1]. 当前, 人类活动对于气候系统的影响程度以及气候的未来变化趋势日益受到关注.

致力于东亚气候变化研究, 中国科技工作者近十几年来已在气候未来变化领域开展了很多工作, 大体可以归结为以下三个方面: 1) 利用气候模式在各种温室气体排放情景下对中国气候未来变化进行数值试验, 如王会军等^[2]较早利用一个耦合了混合层海洋模式和热力学海冰模式的两层大气环流模式进行 CO_2 浓度加倍的数值试验; 陈起英等^[3]用两层大气和 20 层大洋环流耦合模式模拟研究了 CO_2 含量加倍后东亚区域的气候变化; 陈克明^[4]利用大气-海洋-海冰耦合模式模拟了 CO_2 1% 增加速率下全球变暖情景; Guo et al.^[5]用 IAP/LASG GOALS 模式模拟了 CO_2 增加下东亚地区气候变化; Gao et al.^[6]用 RegCM2 区域气候模式单向嵌套澳大利亚 CSIRO R2iL9 全球海洋-大气耦合模式进行了温室效应引起的中国地区气候变化的数值模拟; 2) 借助国际上模式预测结果, 对东亚区域气候未来变化进行情景分析^[7~11]; 3) 开展气候未来变化预测不确定性及相关综合性研究^[12, 13].

中国气候平均变暖已被大多数气象工作者所接受^[14], 但变暖的幅度和时空分布特征等问题还有待深入. 随着气候模式数值模拟不确定性的逐步降低^[11], 以及它们对 1861 ~ 2000 年自然因素及人类活动影响下气候变化趋势的合理模拟^[15, 16], 气候模式被相信有能力给出比较科学可靠的关于未来气候的模拟结果, 已成为全球变化领域主要的研究手段. 不久前, 国际上多个模式先后完成了 SRES A2 和 B2 温室气体和气溶胶排放情景下^[17], 21 世纪全球气候变化趋势的数值模拟预测, 并于 2002 年底由政府间气候变化委员会 (IPCC) 资料中心将 7 个模式结果开

放. 姜大膀等^[18]利用上述资料开展的集合研究揭示了 21 世纪中国大陆年均表面温度升高过程将与全球同步, 但增幅在东北、西部和华中地区较大, 且表现出明显的年际变化; 大气中温室气体和气溶胶浓度的增加也将造成 21 世纪后半段中国大陆降水量几乎是全域性的增加. 然而, 由于该研究是针对年代际气候变化开展的, 时间跨度长达百年, 加之分析变量起初只局限在表面温度和降水上, 因此, 十分有必要对近期气候要素场变化趋势开展研究.

由于 A2 和 B2 排放情景在 21 世纪前半段所引起的辐射强迫异常差别较小^[1], 因此, 本文利用 IPCC 提供的 7 个模式的预测结果, 着重分析 SRES A2 温室气体和气溶胶排放情景下, 中国大陆 21 世纪前 30 年表面温度、表面最高温度、表面最低温度、表面向下短波辐射通量、海平面气压和降水的变化特征, 以期进一步揭示东亚气候短期内的变化趋势.

2 资料

所用数据为 IPCC 资料中心提供的 7 个耦合模式 (分别是 CCSR/NIES、CGCM2、CSIRO-Mk2、GFDL-R30、HadCM3、ECHAM4/OPYC3 及 NCAR-PCM) 的预测结果, 关于资料及模式本身的基本信息请参阅文献^[18].

鉴于模式水平分辨率的不同, 文中使用双线性差值方法将不同分辨率资料插值到相同的网格点上, 之后再对 7 个模式结果 (文献 18 为 5 个模式的合成结果, 由于近期获得了 ECHAM4/OPYC3 和 NCAR-PCM 更长时间尺度的资料, 本文将集合模式数增加到了 7 个) 进行合成平均, 从而求得不同时间段内气候要素场相对于 1961 ~ 1990 年模式气候背景场的异常分布.

3 表面温度、表面最高温度、表面最低温度变化

在 SRES A2 排放情景下, 21 世纪前 30 年东亚地区冬季和夏季表面温度升高 $0.3 \sim 2.3$, 增幅通常

随纬度升高和时间推进而加大,同期冬季增温幅度要大于夏季(图1)。2001~2010年,冬季表面温度在东北和华北地区平均升高0.8~2.0,中西部增温0.8~1.1,大陆其余地区增温幅度为0.3~0.8;2021~2030年,冬季东北升温1.8~2.3,西部地区增温1.6~2.1,其余地区维持在1.0~1.6之间;由此可见,冬季表面温度的增幅在东北、新疆大部和

青藏高原中东部地区较大。夏季表面温度升高幅度要小于同期冬季,空间分布上也略有不同,如增温幅度由南至北带状分布特征更为明显。就年平均变化而言(图略),表面温度升幅呈东西向带状分布,幅度由南至北逐渐加强,并从前10年的0.3~1.3增至后10年的0.8~2.0。

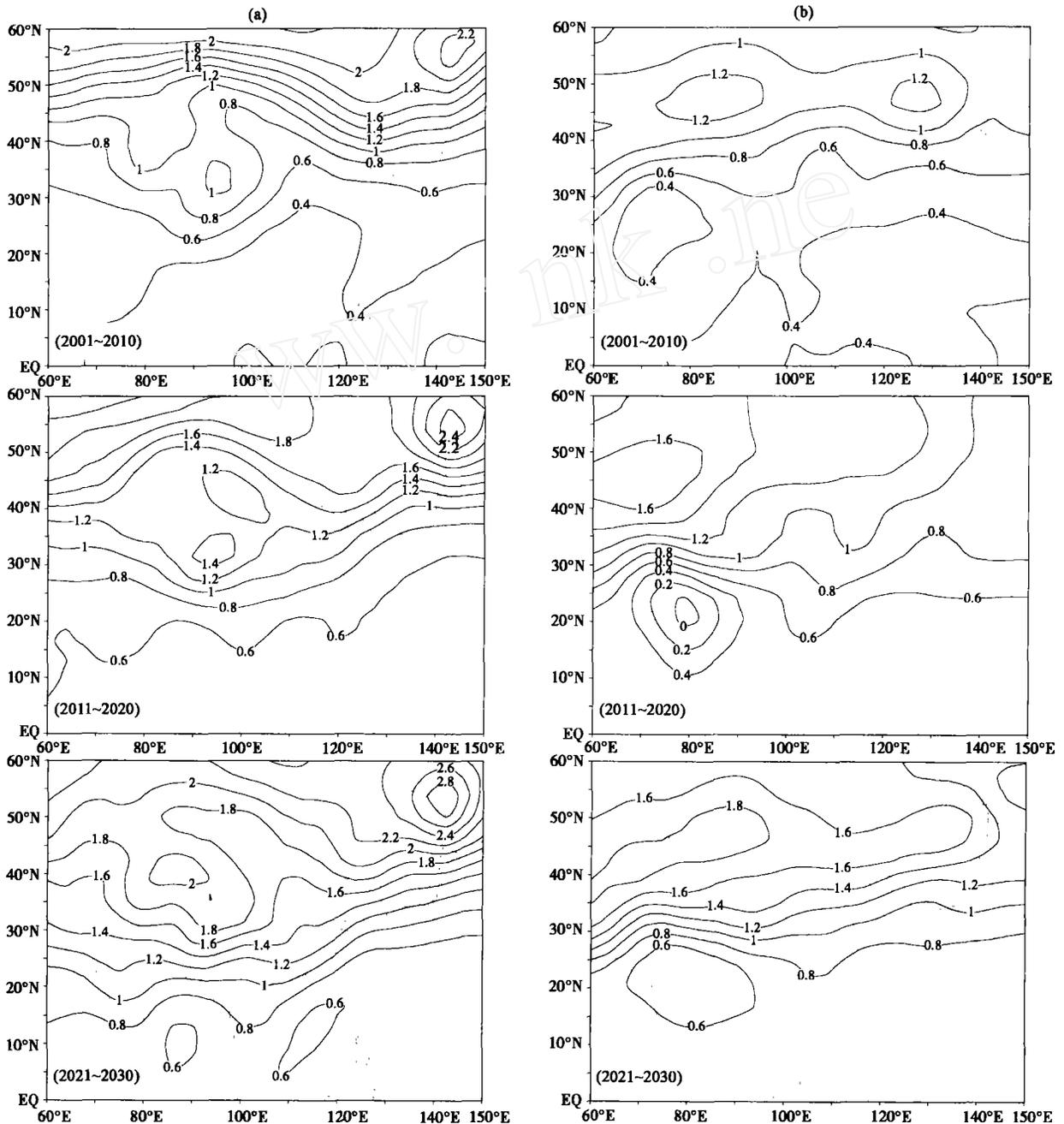


图1 SRES A2 排放情景下,7个模式模拟到的2001~2010、2011~2020、2021~2030年冬季(a)和夏季(b)表面温度相对于1961~1990年气候态的距平分布(单位:K)

Fig. 1 Winter (a) and summer (b) surface air temperature anomalies during 2001~2010, 2011~2020, and 2021~2030 against the climatology through 1961 to 1990 as simulated by seven climate models (Unit: K)

东亚地区冬季和夏季表面最高温度 (T_{max}) 也将升高,增幅从南至北逐渐加大(图 2)。2001~2010 年,冬季 T_{max} 增幅在东北和华北地区达 0.6~1.5,新疆大部为 0.6~0.9,其余地区升温在 0.4 以下;同时也可以看到西南局部和印度大陆 T_{max} 呈微弱的降低趋势;随后的 10 年里,东北和华北(1.0~1.8)、及新疆大部分地区(0.8~1.1)增温幅度较大;2021~2030 年, T_{max} 增幅将达到 0.8~2.0,其中,东北、华北、及西部地区增温趋势最大。夏季

T_{max} 的增幅总体上要小于同期冬季,空间分布也有所不同,但其增加会导致夏季高温气候事件强度和频数的增加,尤其是在我国长江流域以北的广大地区,酷暑将日趋明显。

东亚地区冬季和夏季表面最低温度 (T_{min}) 在 2001~2030 年间将升高 0.5~2.7,总体上呈东西向带状分布,由南至北增幅逐渐加大,且夏季的增幅要小于同期冬季(图 3)。2001~2010 年,冬季 T_{min} 增加 0.5~2.3,其中东北和华北(1.2~2.3)、

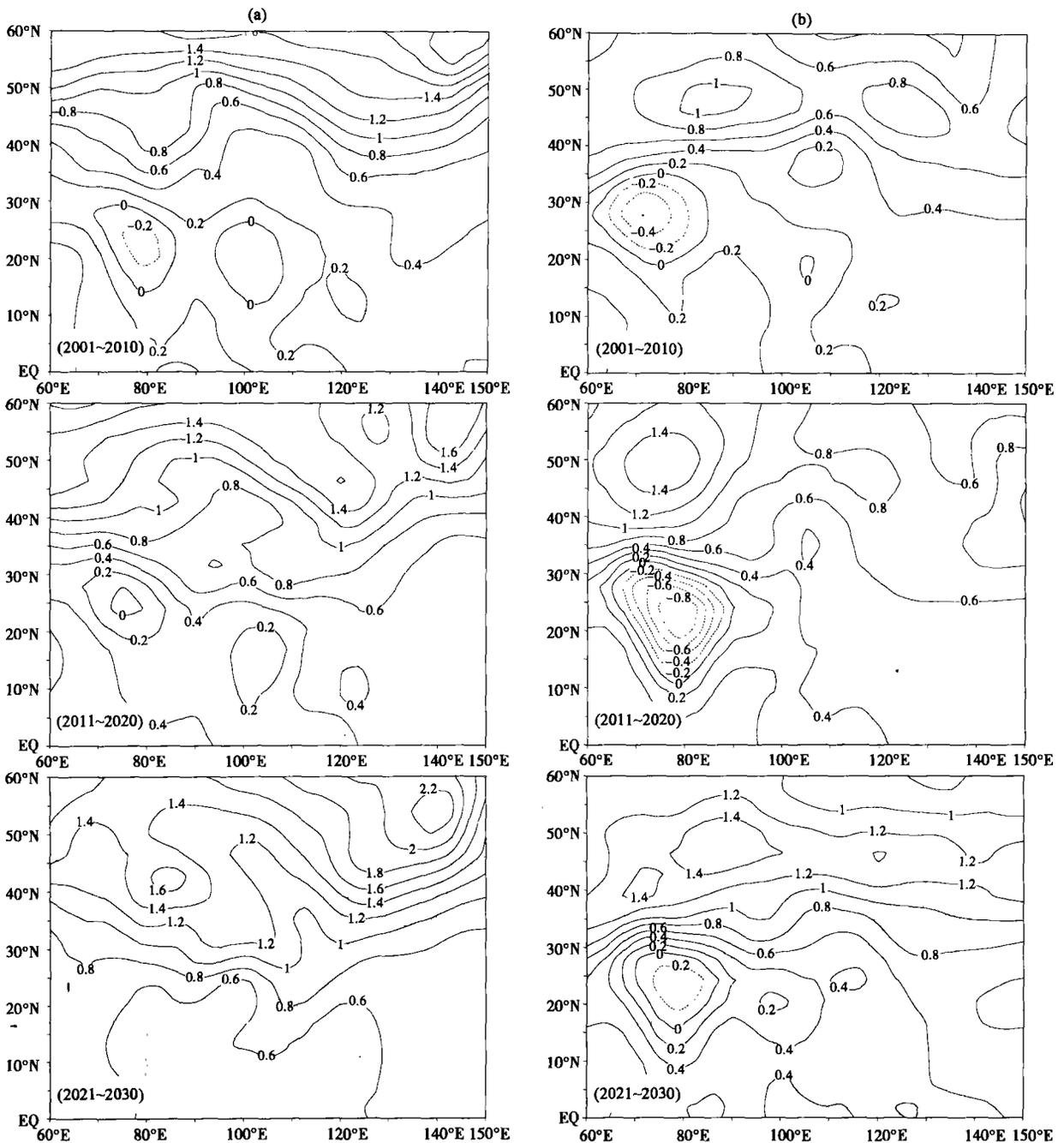


图 2 同图 1,但为表面最高温度距平分布

Fig. 2 Same as Fig. 1, but for surface maximum air temperature anomalies

青藏高原中东部(1.4 ~ 1.7)和新疆西部地区(1.4 ~ 1.6)增幅较大;2011 ~ 2020 年,冬季 T_{min} 增幅加大,即便在华南地区的平均增幅也达到了1.0 ~ 1.5 ,并导致大陆南北向增幅差距缩小;2021 ~ 2030 年,大陆冬季增温1.2 ~ 2.7 ,且同样是在东北(2.2 ~ 2.7)和青藏高原地区(2.0 ~ 2.7)增幅最大.此外,夏季 T_{min} 增幅要小于同期冬季,空间分布也略有不同,如表现出更为明显的

东西向带状分布特征、青藏高原不再存在区域性升温中心.

图 1 ~ 3 所示的东亚地区冬季和夏季表面温度、 T_{max} 和 T_{min} 的变化情况表明,随着大气中温室气体和气溶胶浓度的持续增加,2001 ~ 2030 年我国大陆冬季和夏季表面温度、 T_{max} 和 T_{min} 升高,增幅由南至北逐渐加大,随时间推进幅度不断加强.冬季,表面温度升高将导致气候变暖,特别是在东北、华北、新

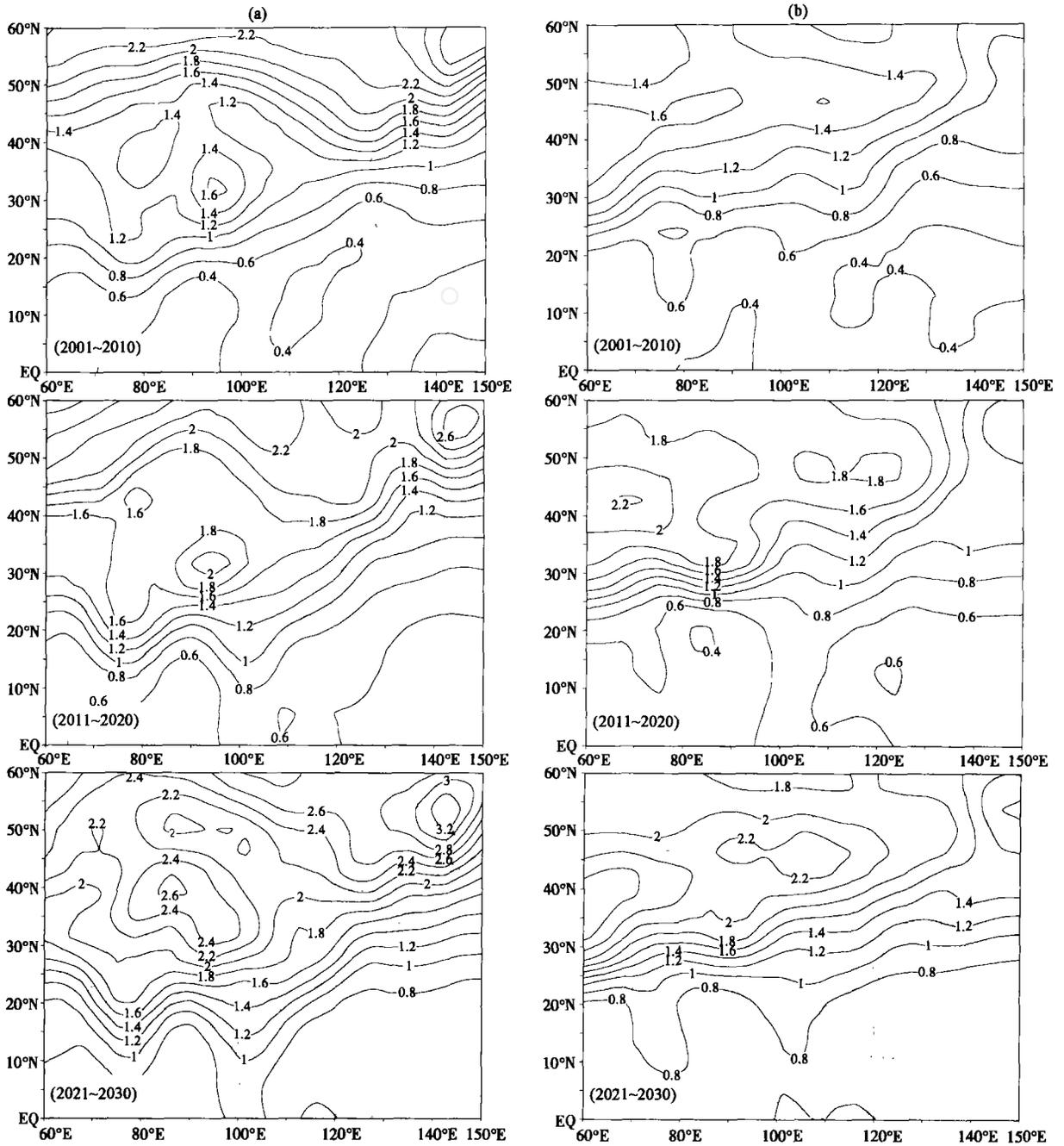


图 3 同图 1, 但为表面最低温度距平分布

Fig. 3 Same as Fig. 1, but for surface minimum air temperature anomalies

疆大部及青藏高原的大部分地区,暖冬气候事件的强度和频数将增加,而与此相对的寒潮等冷气候事件很可能强度减弱、次数减小; T_{min} 增幅要大于同期 T_{max} ,表明冬季表面温度的季节内变化幅度会减小。

夏季,表面温度、 T_{max} 和 T_{min} 的一致升高将导致中国大陆整体上更为炎热的气候,且随纬度带的升高而愈明显。 T_{max} 升高会引起夏季极端暖气候事件的强度加大、次数增多,尤其是在长江流域以北的广大地区,上述变化将对区域内的农业、能源、水资

源及社会的生产、生活方式产生重大的影响。与此同时,冬季、夏季和年均表面温度、 T_{max} 和 T_{min} 的变化幅度在总体上的一致性表明,大气中温室气体和气溶胶浓度增加所导致的中国大陆变暖具有季节的一致性,尽管各季节内增幅的具体空间分布特征还存在一定程度的不同。此外, T_{min} 较 T_{max} 更大的升幅表明,全球变暖背景下表面温度的季节内变化幅度将减小。

大气中温室气体和气溶胶主要是通过影响地气

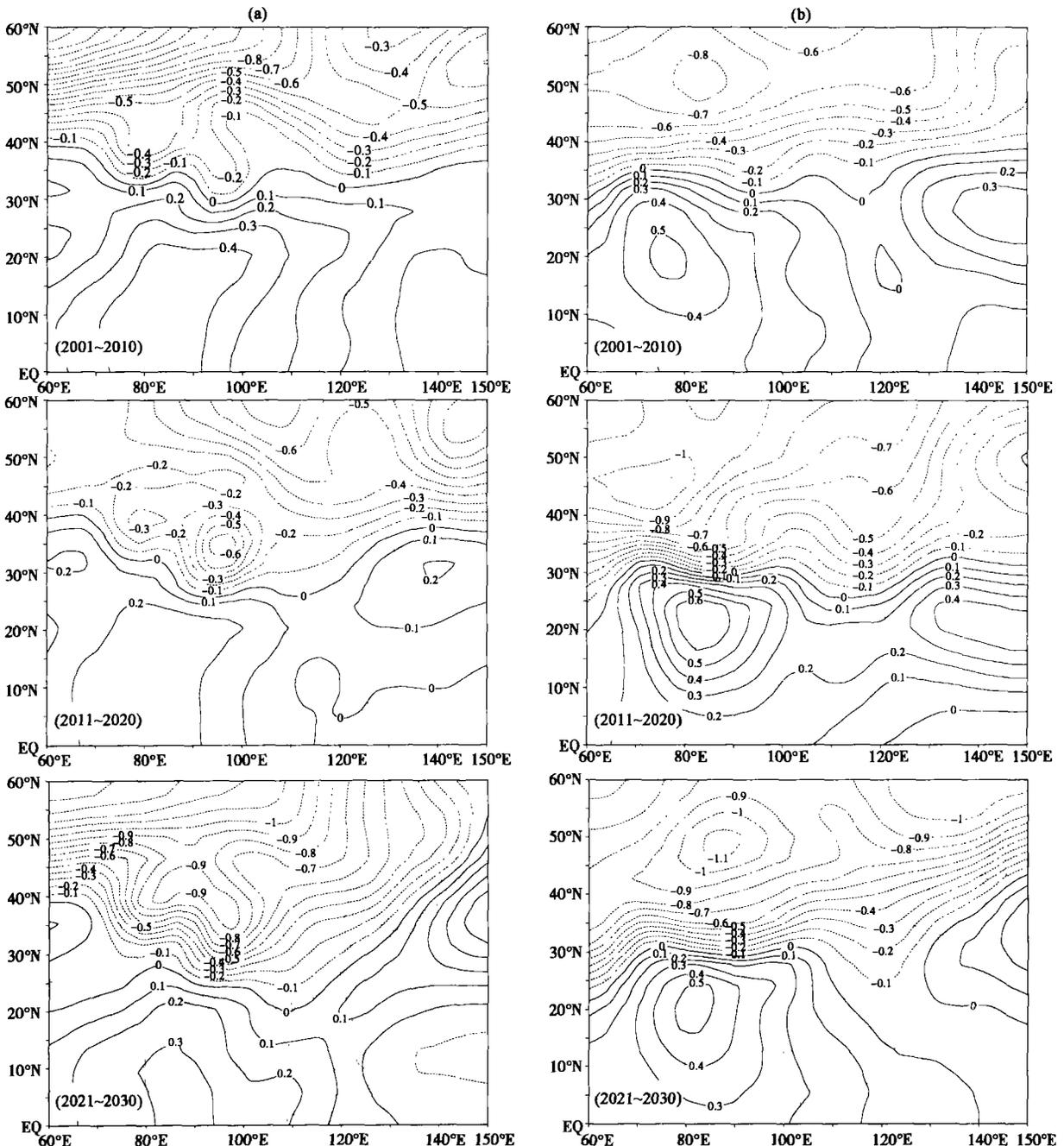


图 4 同图 1, 但为海平面气压距平分布(单位: hPa)

Fig. 4 Same as Fig. 1, but for sea level pressure (Unit: hPa)

系统的长波辐射过程来作用于气候系统的,但作为表面净短波辐射通量重要组成部分的表面向下短波辐射通量(DSWF)也发生了变化.分析显示,年均DSWF的异常在东亚地区呈现东西向带状分布,南部为负异常,北部为正异常,且异常的幅度随时间逐渐加大(图略).对比表明,年均表面温度从南至北逐渐加强的趋势与DSWF异常的空间分布存在一致性,我国大陆中北部地区的强增温包含有DSWF的贡献.由于IPCC所提供的气候要素场资料的局限性,文中还无法给出地表能量收支平衡的具体变化情况,同时也不能给出与DSWF联系较为紧密的云量等要素场的变化情况.

4 海平面气压变化

地气系统的能量收支平衡因为大气中温室气体和气溶胶浓度的持续增加而发生了改变,全球大气的质量分布状况因此会发生一定程度的调整,并将体现在描述大气质量分布和环流状况的海平面气压场变化上.冬季,大陆因为热容量较海洋小而表现

为系统性冷高压,表面温度的升高会导致大陆冷性高压的减弱,进而表现在海平面气压(SLP)的降低上,尤其是在我国大陆升温幅度较大的东北、华北和西部大范围地区.夏季,大陆转而成为系统性热低压,表面温度的升高会增加热低压的强度,从而体现在大陆大范围地区SLP的明显减小上.图4清晰地显现了这一特征,冬季SLP异常幅度在-1.0~0.4hPa之间,大体上呈东西向带状分布,为南正北负型,并随时间推进异常的幅度逐渐加大、正负交界面向南扩展,同时,东北、华北和西部地区SLP负异常较大.夏季SLP变化幅度的空间分布与冬季情形较为相似.

地处东亚季风区,东亚夏季和冬季气候具有明显的季风气候特征.SLP异常图也显示出,夏季中国大陆与其南部及西部海洋的海平面气压差将有所加大,这就意味着东亚夏季风强度将随着大气中温室气体和气溶胶浓度的增加而有所加强,因为季风系统的本质推动力是海陆热力差(海洋和陆地的热容量不同,导致它们对于季节性入射太阳辐射的响应时间不同步造成了海陆间的热力差异),并反映在

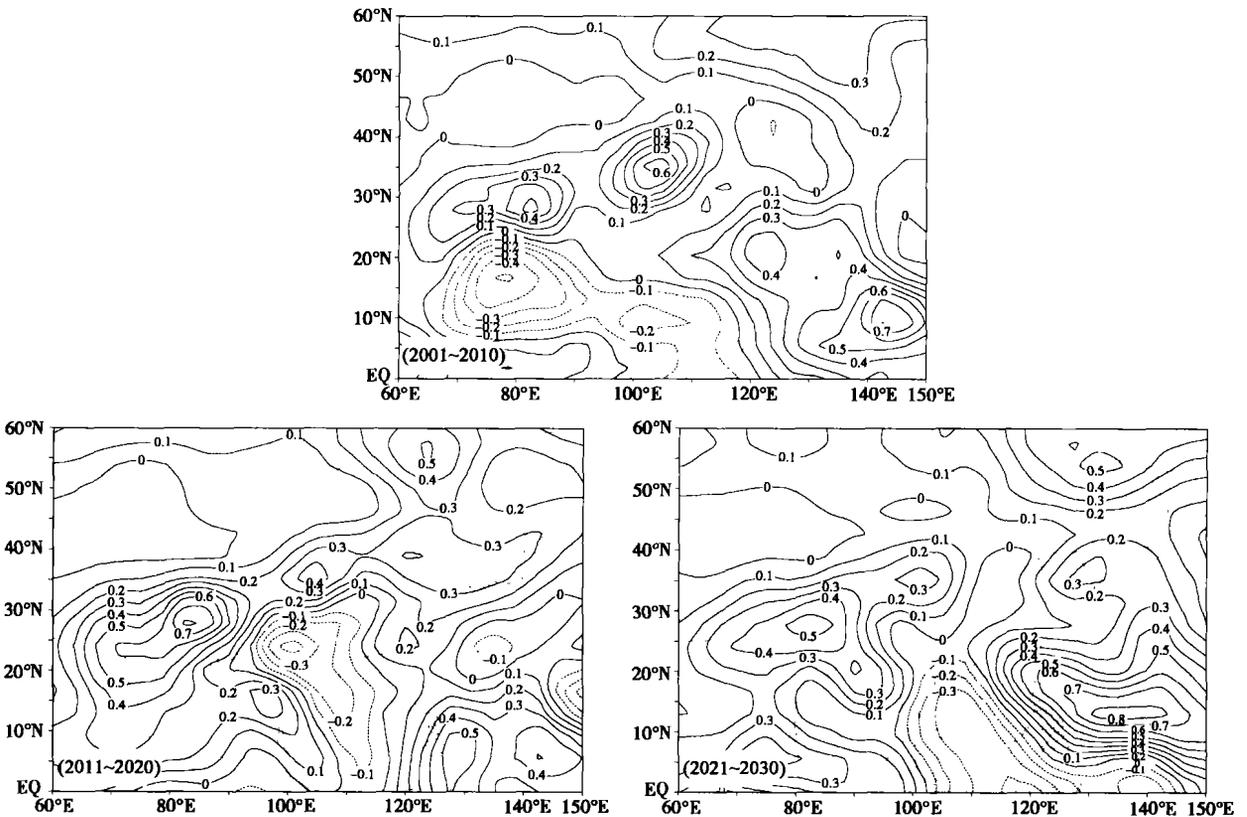


图5 SRES A2 排放情景下,7个模式模拟到的2001~2010、2011~2020、2021~2030年夏季降水相对于1961~1990年气候态的距平分布(单位:mm/d)

Fig. 5 Summer precipitation anomalies during 2001 - 2010 , 2011 - 2020 , and 2021 - 2030 against the climatology through 1961 to 1990 as simulated by seven climate models (Unit : mm / d)

质量堆积上(由海平面气压场来刻画)。冬季高纬度大陆冷高压,特别是西伯利亚高压强度减弱幅度较大,使得它与南部的海平面气压差有所缩小,因此东亚冬季风强度将减弱。然而,限于资料的有限性,加之单个模式模拟到的变化还不足以代表所有模式的集合结果,因此本文还无法给出对流层低层风场的具体变化特征。

5 夏季降水变化

大气中温室气体和气溶胶浓度的持续增加也导致了中国大陆夏季降水量的变化(图5)。其中,青藏高原大部(尤其是西南部)、大陆东南部、及河套大部分地区夏季降水量增加 $0.1 \sim 0.8 \text{ mm/d}$,西南局部降水量小幅减小,大陆其余地区降水量则没有明显的变化。由于冬季和年均降水量在中国大陆变化幅度相对较小(冬季小于 0.2 mm/d ,年均小于 0.3 mm/d),因此就不在此赘述。

基于有限资料,我们使用 CSIRO-Mk2 模式结果分析了对流层低层 850 hPa 夏季风变化情况(图略),显示青藏高原中西部、特别是其西南部的降水正异常主要源于那里的西南风距平,此风场距平将携带大量的水汽,由于遇到高原大地形的动力阻挡,因此会在该处形成一个区域性的降水正异常中心;而大陆东南部沿海一带为弱西南风距平,其南部为弱东风距平,这表明南海季风略有加强,故此该处降水量亦表现为正异常。

6 结 论

利用 IPCC 资料中心提供的 7 个耦合模式的数值预测结果,本文给出了 SRES A2 温室气体和气溶胶排放情景下中国大陆在 21 世纪前 30 年的 10 年际气候变化趋势。

6.1 21 世纪前 30 年中国大陆冬季和夏季表面温度升高 $0.3 \sim 2.3$,增幅随时间推移和纬度带的升高逐渐加大;冬季和夏季表面最高温度和最低温度增幅及其空间分布与表面温度变化相似,但冬季升温幅度要大于同期夏季、表面最低温度升幅要强于同期表面最高温度;冬季暖冬气候事件和夏季极端高温气候事件的强度和次数很可能会增加,尤其是在长江流域以北地区。

6.2 冬季和夏季中国大陆除局部外海平面气压均下降,且从南至北减幅加大,这与同期表面温度的变

化趋势一致,表现为冬季大陆冷高压随表面温度的升高而减弱、夏季大陆热低压随表面温度的升高而加强。

6.3 青藏高原大部、大陆东南部、及河套大部分地区夏季降水量增加,其中,高原西南部降水正异常很可能与该处对流层低层西南风异常相联,大陆东南部降水正距平很可能与略有加强的南海夏季风有关。

人类活动主要通过改变大气中各种微量气体和气溶胶浓度及地表状况来影响地气系统的辐射平衡,从而引起气候系统变化。其中,前者主要来自于化石、生物燃料燃烧和非能源生产过程,而后者主要体现在森林砍伐、土地开垦、过渡放牧及城市化进程。当前,尽管气候模式在物理及参数化过程等诸多方面还有待完善,但其已成为开展气候变化研究的最重要手段之一,模式预测结果已具有很强的指示意义,多模式的集合结果也已经被证明更加可信^[19]。因此,本文使用国际上 7 个模式的预测结果,合成给出了 21 世纪前 30 年中国大陆的气候变化趋势,目的就是为我国针对气候与环境未来变化的科学评估提供参考。

分析资料来自 IPCC 资料中心和英国 Hadley 气候预测与研究中心,一并致谢。

参考文献

- [1] Houghton J T, et al. eds. IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. 1 ~ 881
- [2] 王会军, 曾庆存, 张学洪. CO_2 含量加倍引起的气候变化的数值模拟研究. 中国科学(B 辑), 1992, (6): 663 ~ 672
Wang H J, Zeng Q C, Zhang X H. Simulated climate change due to double CO_2 . *Science in China (Series B)* (in Chinese), 1992, (6): 663 ~ 672
- [3] 陈起英, 俞永强, 郭裕福等. 温室效应引起的东亚区域气候变化. 气候与环境研究, 1996, 1: 113 ~ 123
Chen Q Y, Yu Y Q, Guo Y F, et al. Climatic change in East Asia induced by greenhouse effect. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 1996, 1: 113 ~ 123
- [4] 陈克明. IAP 全球海气耦合环流模式的改进及温室气体引起气候变化的数值模拟研究[博士论文]. 北京: 中国科学院大气物理研究所, 1994
Chen K M. Improved IAP coupled ocean-atmosphere general circulation model and simulation of gradually increasing CO_2 induced climate change [Ph. D. thesis] (in Chinese). Beijing: Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 1994
- [5] Guo Y F, Yu Y Q, Liu X Y, et al. Simulation of climate change induced by CO_2 increasing for East Asia with IAP/LASG COALS

- model. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18**: 53 ~ 66
- [6] Gao X J, Zhao Z C, Ding Y H, et al. Climate change due to greenhouse effects in China as simulated by a regional climate model. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18**(6): 1224 ~ 1230
- [7] 王绍武, 赵宗慈. 未来 50 年中国气候变化趋势的初步研究. *应用气象学报*, 1995, **6**(3): 333 ~ 342
Wang S W, Zhao Z C. A study of the trend of climatic change during the period of next 50 years. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 1995, **6**(3): 333 ~ 342
- [8] 高庆先, 徐 影, 任阵海. 中国干旱地区未来大气降水变化趋势分析. *中国工程科学*, 2002, **4**(6): 36 ~ 43
Gao Q X, Xu Y, Ren Z H. Trend analysis of precipitation of arid areas in China. *Engineering Sciences* (in Chinese), 2002, **4**(6): 36 ~ 43
- [9] 徐 影, 丁一汇, 赵宗慈等. 我国西北地区 21 世纪季节气候变化情景分析. *气候与环境研究*, 2003, **8**(1): 19 ~ 25
Xue Y, Ding Y H, Zhao Z C, et al. A scenario of seasonal climate change of the 21st century in Northwest China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **8**(1): 19 ~ 25
- [10] 赵宗慈, 丁一汇, 徐 影等. 人类活动对 20 世纪中国西北地区气候变化影响检测和 21 世纪预测. *气候与环境研究*, 2003, **8**(1): 26 ~ 34
Zhao Z C, Ding Y H, Xu Y, et al. Detection and prediction of climate change for the 20th and 21st century due to human activity in Northwest China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **8**(1): 26 ~ 34
- [11] 许吟隆, 薛 峰, 林一骅. 不同温室气体排放情景下中国 21 世纪地面气温和降水变化的模拟分析. *气候与环境研究*, 2003, **8**(2): 209 ~ 217
Xu Y L, Xue F, Lin Y H. Changes of surface air temperature and precipitation in China during the 21st century simulated by HadCM2 under different greenhouse gas emission scenarios. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **8**(2): 209 ~ 217
- [12] 王明星, 杨 昕. 人类活动对气候影响的研究. . 温室气体和气溶胶. *气候与环境研究*, 2002, **7**(2): 247 ~ 254
Wang M X, Yang X. Study on the effects of human activities on climate change, I. Green house gases and aerosols. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2002, **7**(2): 247 ~ 254
- [13] 石广玉, 王喜红, 张立盛等. 人类活动对气候影响的研究, . 对东亚和中国气候变化的影响. *气候与环境研究*, 2002, **7**(2): 255 ~ 266
Shi G Y, Wang X H, Zhang L S, et al. Impact of human activities on climate, . Impact on climate variability over East Asia and China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2002, **7**(2): 255 ~ 266
- [14] 秦大河. 气候变化的事实与影响及对策. 中国科学基金, 2003, 1 ~ 3
Qin D H. Facts, impact, adaptation and mitigation strategy of climate change. *Chinese Science Foundation* (in Chinese), 2003, 1 ~ 3
- [15] Stott P A, Tett S F B, Jones G S, et al. External control of twentieth century temperature variations by natural and anthropogenic forcing. *Science*, 2000, **15**: 2133 ~ 2137
- [16] Tett S F B, Jones G S, Stott P A, et al. Estimation of natural and anthropogenic contributions to 20th century, Hadley Centre Tech Note 19, Hadley Centre for Climate prediction and Response, Meteorological Office, RG12 2SY, 2000, UK 1 ~ 52
- [17] Nakićenović N, Alcamo J, Davis G, et al. IPCC Special Report on Emission Scenarios, Cambridge: Cambridge University Press, 2000. 1 ~ 599
- [18] 姜大膀, 王会军, 郎咸梅. 全球变暖背景下东亚气候变化的最新情景预测. *地球物理学报*, 2004, **47**(4): 590 ~ 596
Jiang D B, Wang H J, Lang X M. East Asian climate change trend under global warming background. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2004, **47**(4): 590 ~ 596
- [19] Lambert S J, Boer G J. CMIPI evaluation and intercomparison of coupled climate models. *Clim. Dyn.*, 2001, **17**: 83 ~ 106