

华北地区未来 30 年气候变化趋势模拟研究^{*}

柳艳香^{1,2} 吴统文¹ 郭裕福² 颜京辉¹

1 中国气象局气候研究开放实验室, 北京, 100081

2 中国科学院大气物理研究所, LASG, 北京, 100029

摘 要

利用中国科学院大气物理研究所 LASG 研发的全球海洋-大气-陆面系统模式(GOALS 4.0), 引入了大气中真实的温室气体浓度变化, 对华北地区的气候变化进行了模拟研究。为了检验 GOALS 4.0 模式对于未来 30 年华北地区气候变化趋势模拟结果的可信度, 分析评估了 GOALS 4.0 模式对当代气候变化的模拟能力。模拟结果基本再现了 20 世纪 60—70 年代末的全球和北半球温度偏低以及 80 年代开始的增温现象, 也较好地模拟了华北地区近 50 年来的两个重要气候冷(1950—1976 年)、暖(1977—2000 年)时期, 模拟结果与实际观测相关为 0.34(达到了 0.05 信度), 华北地区的冬季温度变化幅度介于中国大陆东、西部之间。模式对华北地区夏季降水在 20 世纪 80 年代前后经历的丰枯时期转变模拟也比较理想。在此基础上, 根据 IPCC 提供的大气温室气体未来排放情景, 进一步模拟预估了华北地区未来 30 年的气候变化趋势。结果发现, 在未来的 30 年中, 中国大陆冬季温度将会呈现出不断上升趋势, 华北是中国大陆增温最显著、增温幅度最大的地区, 到 2030 年华北地区冬季的增温幅度相对多年平均(1961—1990 年)上升 2.5℃左右。未来 30 年的夏季, 由于华北地区处于明显的水汽辐合区, 偏南气流较强, 大气中的可降水量增加, 使得中国大陆的降水格局也会发生相应变化, 呈现出南少北多的分布型态, 华北地区夏季降水会明显增多, 南方地区降水则有所减少。

关键词: GOALS 4.0, 华北地区, 温室气体情景排放浓度, 气候预测。

1 引 言

自 20 世纪 80 年代以来, 华北地区气温升高、降水减少, 干旱化日趋严重。早在 1991 年, 陈隆勋等^[1]利用中国 160 个站的气候资料分析表明, 80 年代华北地区的平均温度比 50 年代升高了 0.54℃; 黄荣辉等^[2]用中国 336 个站 6—8 月的旬降水讨论了华北地区的干旱化趋势, 认为 80 年代降水较 70 年代少, 干旱化趋势加重, 区域总平均降水量比 50 年代约减少近 30%。天气气候学家对于华北地区的高温少雨干旱化日趋严峻的问题进行了大量的分析研究, 杨修群、朱益民等^[3-4]通过研究全球海-气相互作用的年代际变化与华北地区降水的关系, 认为华北地区降水与 PDO 存在异常相关, 如果热带中东

太平洋海温升高、北太平洋中部海温偏低, 亦即太平洋上主要表现为 PDO 暖位相时, 华北地区被高压控制, 降水减少。与此相似, 黄荣辉等^[2,5]也以海-气相互作用为出发点探讨了华北地区发生干旱化的物理机制; 张庆云等^[6]则从大气环流场的异常特征分析了华北干旱的成因, 认为导致华北降水减少的主要原因是偏南气流较平均态减弱而使能够到达华北地区的水汽减少所致; 柳艳香等^[7]也指出中高纬度气压系统异常对东亚夏季风强度的影响很大, 70 年代后期开始的东亚夏季风的减弱, 是由于中蒙地区气压场偏高, 其东部的偏北气流阻止了南来水汽的向北输送, 进而减弱了东亚夏季风, 使华北地区降水减少。马柱国等^[8]通过对华北地区地表湿润指数的研究也指出了自 80 年代开始华北地区湿润指数减

^{*} 初稿时间: 2006 年 3 月 30 日; 修改稿时间: 2006 年 6 月 26 日。

资助课题: 国家自然科学基金项目(40675038, 40675059)、国家自然科学基金重点项目(40231005)、中国科学院创新团队国际合作伙伴计划“气候系统模式研发及应用研究”及国家 973 项目(2004CB418303)。

作者简介: 柳艳香, 研究方向: 气候变化与短期气候预测。E-mail: liuyx@cma.gov.cn

小、干燥度增加。

目前,IPCC 公认大气中 CO_2 浓度的排放是造成全球气候变暖的主要原因之一^[9],Guo Yufu 等^[10]模拟研究了在 CO_2 浓度逐年 1% 增加时,东亚地区的气候对其响应是明显的,尤其是中纬度大陆温度增加最显著。华北地区的增暖及其降水的减少是否也与 CO_2 浓度的增高有关呢?目前中国还没有类似的工作。本文利用 IPCC 提供的大气中真实的温室气体排放和未来的情景排放的变化,通过中国科学院大气物理研究所 LASG 研发的第 4 版全球海洋-大气-陆面耦合模式(GOALS4.0)进行了模拟试验,研究分析了 CO_2 的排放对当今华北地区气候变化的可能影响,并对未来 30 年华北地区气候变化趋势进行了预估研究。

2 模式和实验设计

GOALS 4.0 模式是中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体动力学数值模拟实验室(LASG)研发的全球海洋-大气-陆面耦合气候模式 4.0 版本^[11-12]。其中,大气环流模式(AGCM)为 9 层 15 波菱形截断谱模式(R15L9),水平分辨率相当于 7.5° 经度 $\times 4.5^\circ$ 纬度;全球海洋环流模式(OGCM)的水平分辨率为 4° 纬度 $\times 5^\circ$ 经度格点,垂直划分 20 层的海洋模式;一个简单的热力学海冰模式和一个简化的简单生物模式(SSiB)。SSiB 模式中有 3 层土壤、1 层植被和 11 种植被类型。海洋和大气模式的耦合采用了逐日通量距平方案^[13]。

本文主要开展了 2 组试验,即控制试验和 CO_2 敏感性试验。为了尽可能地消除由于模式初值的不确定性对模拟结果的影响,每组试验采用 3 个不同初值的积分集合,积分时段相同,都是从 1950 年 1 月 1 日积分到 2030 年 12 月 31 日,共 80 a。2 组集合试验的 3 个初值相同,所不同的是温室气体浓度的取值。控制试验是用 1950 年的温室气体值保持不变积分到 2030 年,温室气体分别取 $\text{CO}_2-310 \times 10^{-6}$, $\text{CH}_4-1.147 \times 10^{-6}$, $\text{N}_2\text{O}-0.289 \times 10^{-6}$, $\text{CFC11}-0.0007 \times 10^{-6}$ 、 $\text{CFC12}-0.0093 \times 10^{-6}$; CO_2 敏感性试验是利用 1950—2000 年的观测值和 IPCC 评估报告所提供的 2000—2030 年温室气体情景排放预测值。其集合结果用于评估模式模拟华北当今气候的能力并进而对华北未来可能的气候变化趋势作出预估。

本文所用观测资料是中国气象局提供的 160 个站 1950 年以来的气温、降水序列资料,全球及北半球年平均温度取自英国的 CRU,时间为 1950—2000 年。本文所取华北地区的研究范围($34^\circ-42^\circ \text{N}$, $112^\circ-121^\circ \text{E}$),它包括了国家“九五”重中之重科技项目“我国短期气候预测系统的研究”课题中规定的 17 个代表站。

3 近 50 年气候变化背景模拟

3.1 全球气候变化

利用 1950—2000 年大气中温室气体的观测值和 IPCC 评估报告所提供的 2000—2030 年排放预测值——B2 情景(图 1),模拟由于 CO_2 浓度增加导致的全球气候变化。图 2 分别是 GOALS 4.0 模式模拟的全球和北半球平均气温年际变化及其实测观测的时间序列变化。在控制试验中,即温室气体浓度保持不变的情况下,它只体现了海-气耦合系统内部存在的年代际及年际变化,不能反映出自 20 世纪中、后期开始的全球气候增暖趋势(图略)。但是,当考虑大气中真实的温室气体排放后,模式较好地模拟再现了近 50 年来全球气候的变化趋势,对于 20 世纪 60—70 年代末的全球和北半球温度偏低以及 80 年代开始的增温都有很好地体现。这充分说明全球气候变暖与由于人类活动造成的温室气体浓度的增加关系密切。同时,它也证明了 GOALS4.0 模式对全球气候变化具有较好地模拟能力,这一点在文献[14]中有更详细的论述。

为了便于和其他工作进行比较,本文同样将 20 世纪后半叶的全球气候变化划分为两个比较明显的冷暖时期,即 1950—1976 年的较冷时期和 1976—2000 年的较暖时期,进一步探讨中国华北地区的气候变化

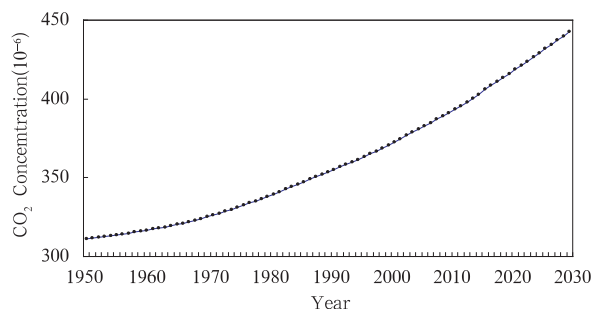
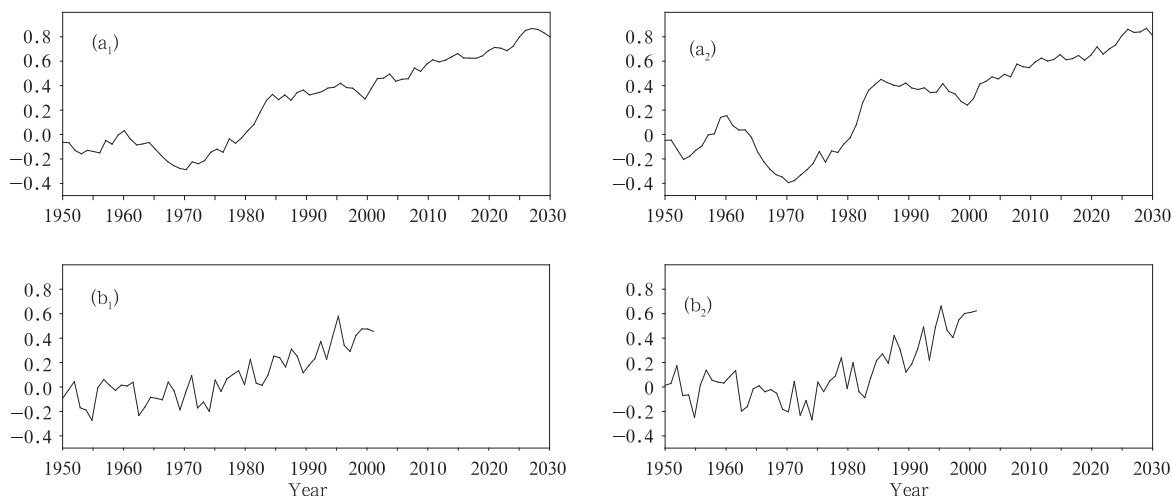


图 1 CO_2 情景排放浓度时间演变

Fig. 1 Temporal variation of CO_2 concentration under the B2 emission scenario of IPCC SRES

图 2 全球(a_1 , b_1)及北半球(a_2 , b_2)年平均温度变化(a. GOALS; b. 观测; 单位: $^{\circ}\text{C}$)Fig. 2 Variations of annual temperatures for the globe and Northern Hemisphere (unit: $^{\circ}\text{C}$)

(a: GOALS simulations; b: observations)

及其可能的物理机制。本文所用的气候平均态是 1961—1990 年 30 a 的平均值,所有的距平都是相对于这个平均值作出的。

3.2 华北地区气候变化

3.2.1 冬季温度

华北地区气候变化趋势与全球气候变化趋势基本是一致的(图略,从图 2 也可看出)。图 3 比较了 GOALS 4.0 模拟的自 1950 年以来华北地区冬季温度的年际变化和实际观测结果。观测结果表明,华北地区冬季温度在 20 世纪近 50 a 时间里也经历了 2 个明显的阶段:即从 50 年代到 70 年代中后期,气温相对偏低,华北地区处于偏冷时期;从 70 年代中后期到 90 年代末气温明显升高,华北地区为偏暖时期。在考虑了真实大气中 CO_2 浓度后的模拟结果中(图 3a)也同样反映出了华北地区冬季气候变化的两个明显的冷暖时期,即 80 年代前的偏冷和之后的明显增暖时期,模拟结果与实际观测相关为 0.34,

达到了 0.05 的信度检验,说明 CO_2 浓度的变化对中国华北地区冬季温度的变化具有重要的影响(控制试验反映不出这一显著特征,图略)。

观测资料显示 80 年代以后,北半球冬季中高纬度的增温幅度较中低纬度地区明显,大陆增温较海洋明显(参见 IPCC 2001)。GOALS 4.0 模式的模拟结果也能很好地再现这些特征(图 4),中高纬度欧亚大陆的增温幅度较大,而中国大陆的增温幅度则相对略低一些,但是,中国大陆整体处于增温状态,且东北大部分地区、内蒙古东部和华南地区增温最明显($>0.4^{\circ}\text{C}$),西部大部分地区增温幅度相对较小(约 0.2°C),华北地区的增暖幅度为 $0.2\text{—}0.4^{\circ}\text{C}$,介于两者之间。

由于考虑了 CO_2 浓度变化的影响,GOALS 4.0 模式不仅能较好地模拟自 20 世纪 80 年代开始的增温趋势,而且对 1950—1975 年较冷的这一时期的模拟也是比较理想的。如,较冷时期内,中国大陆气温

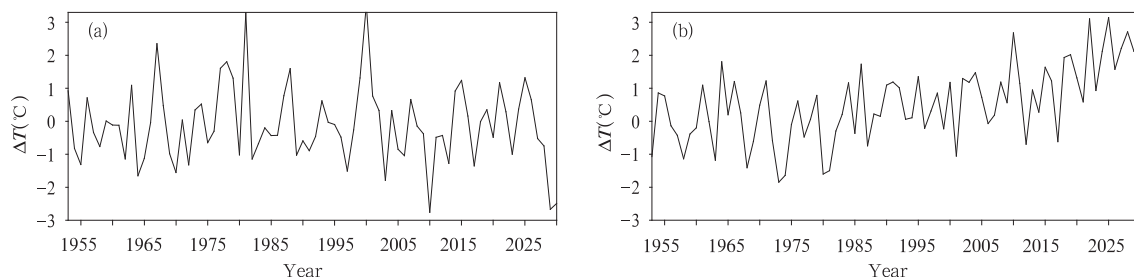


图 3 华北地区冬季气温变化趋势(a. GOALS, b. 实际观测)

Fig. 3 DJF temperature trends in North China (a. GOALS, b. observation)

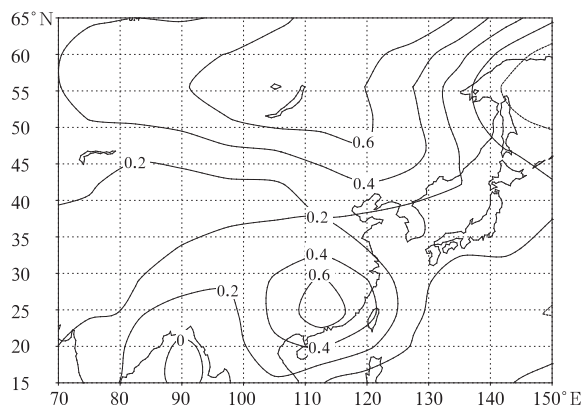


图4 华北地区1977—2000年冬季平均气温变化
(实线: >0 ; 虚线: <0 ; 单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 4 Changes in simulated DJF average temperature during 1977 to 2000 in North China
(solid line: >0 ; dashed line: <0 ; unit: $^{\circ}\text{C}$)

普遍偏低, 偏低中心主要出现在中国的中部地区, 气温变化小于 -0.4°C 。华北地区气温偏低约 -0.2°C (图略)。

同样, 大气中 CO_2 浓度的变化对夏季温度的影响也是比较清楚的。它的增温幅度虽然明显小于冬季, 但其增温显著的地区依然是北半球中高纬度地区。中国大陆增温较明显的地区是东北的北部和中国东部沿

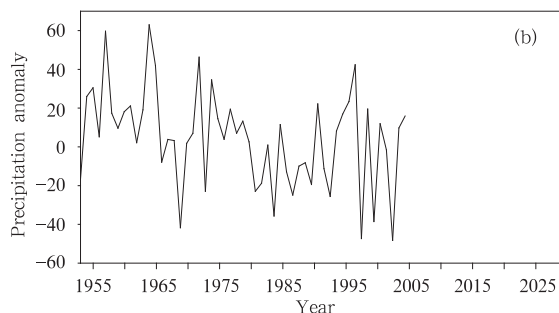
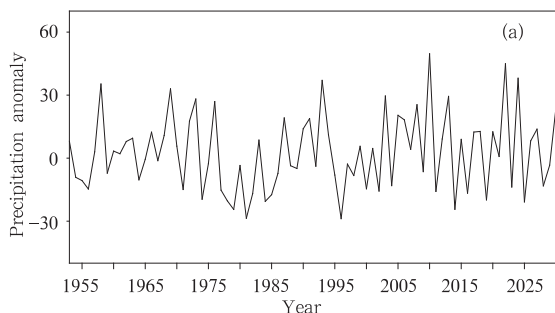


图5 华北地区夏季降水距平百分率变化 (a. GOALS; b. 实际观测)

Fig. 5 Changes in JJA precipitation anomaly (percent of normal) in North China
(upper panel: GOALS simulations; lower panel: observations)

4 未来30年华北地区气候变化趋势

4.1 冬季

由上节分析可知, 当考虑了大气中 CO_2 浓度后的 GOALS 4.0 模式对全球及中国华北地区气候变化具有较好的模拟能力。从图 2、3 中也可以明显看出, 80 年代中期开始的增暖趋势将一直会持续到 2030 年, 亦即全球及中国华北地区气候变化将继续维持一种增暖状态。

海 ($>0.3^{\circ}\text{C}$), 新疆地区增温幅度只有 $0.1-0.2^{\circ}\text{C}$, 华北地区为 $0.2-0.3^{\circ}\text{C}$ (图略), 也是介于两者之间。

3.2.2 夏季降水

20 世纪后半叶, 华北地区夏季降水也经历了丰、枯两个时期, 80 年代之前, 华北地区降水偏多, 为一相对湿润时期; 之后的华北地区降水严重偏少, 旱情严峻 (图 5b)。GOALS 4.0 模式模拟了华北地区夏季降水距平百分率变化趋势 (图 5a), 20 世纪近 50 年来华北地区降水趋势的几个丰枯时段的模拟与观测结果非常相似, 如 80 年代之前的丰水时期, 之后的枯水时期以及 90 年代初期相对湿润的较短时段。所以, GOALS 4.0 模式对华北地区夏季降水变化的模拟也是基本可信的。

综上所述, 当考虑了真实大气中 CO_2 浓度变化的影响作用后, GOALS 4.0 模式对华北地区的气候变化具有较好地模拟能力。无论是冬季还是夏季, 它都可以很好地模拟出 20 世纪近 50 年来华北地区的气候变化, 两个明显的冷暖时期以及夏季两个明显的降水丰枯时期。这也可以说明, 大气中温室气体排放浓度的变化也是造成中国华北地区气候变化的主要原因之一。

从 2001—2030 年与 1977—2000 年冬季平均温度的差值图上 (图 6) 可以清楚地看到, 东西横贯中国大陆的增温带非常明显, 中国东部地区仍将处于持续的增温状态, 其中增温幅度最大值中心位于华北地区, 它是未来 30 年增温最显著、增温幅度最大的地区, 其平均最大增温幅度高于 1.1°C , 北侧欧亚大陆的增温幅度相对较小, 说明该地区未来 30 年中的增温幅度有所减缓, 增温幅度最小甚至局部降温的地区位于中国西南的南部地区, 预计在 21 世

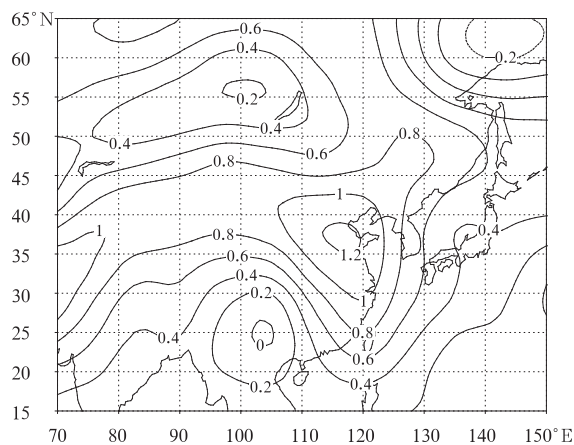


图 6 华北地区 2001—2030 年与 1977—2000 年冬季温度差值场分布

(实线: >0 , 虚线: <0 ; 单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 6 Differences distribution of the DJF temperatures of 2001—2030 minus 1977—2000

(solid line: >0 ; dashed line: <0 ; units: $^{\circ}\text{C}$)

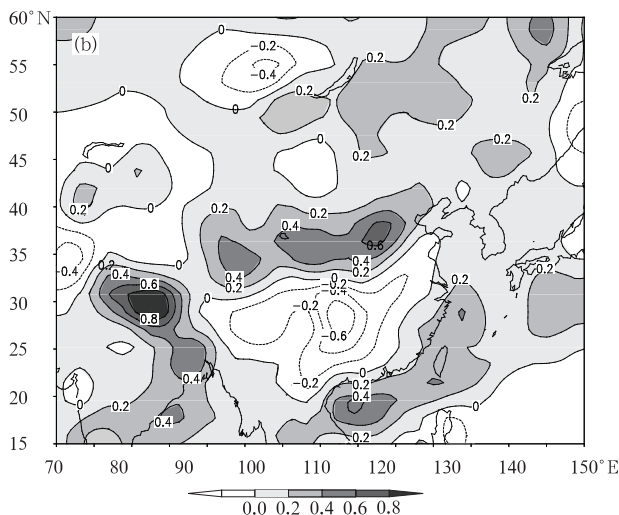
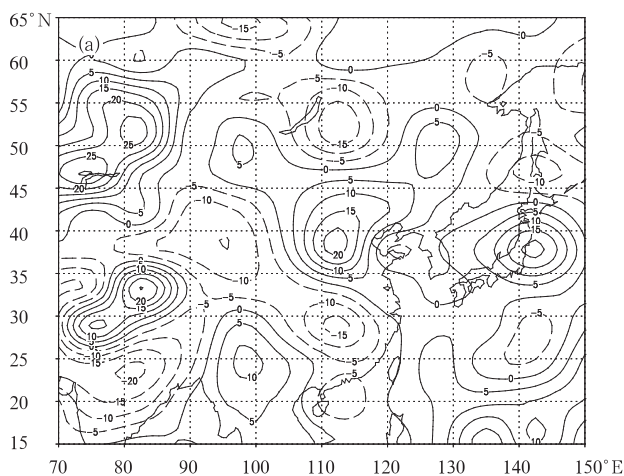


图 7 华北地区 2030 年夏季降水变化趋势分布模拟

(a. GOALS, b. NCC-CGCM; 实线: >0 , 虚线: <0)

Fig. 7 Simulated JJA precipitation anomalies/rate in 2030 over North China

(a: GOALS simulation, units: mm; b: NCC-CGCM simulation, units: mm/d; solid line: >0 ; dashed line: <0)

情景模拟试验也得到了类似的结果^[15]。同时,华北地区的夏季温度依然在不断持续增高。

不难看出,随着人类活动增加、全球气候变暖,华北地区温度也在不断升高。但是,纵观华北地区当代气候变化,它并不因温室气体浓度的增加而增加,这说明降水的变化是非线性的,它不完全受制于温室气体浓度的变化,它似乎主要受大气内部运动规律的制约抑或其他强迫因子的影响,目前还不得

纪初的 30 年里,华北地区冬季的增温幅度将逐渐加大,到 2030 年,其中心增温约 2.5°C 。2030 年冬季,中国降水分布基本也是北多南少,中部地区降水相对较少,华北大部地区降水相对偏多(图略)。

4.2 夏季

值得注意的是随着全球气候的进一步增暖,华北未来 30 年的降水也将会出现增加趋势。从图 7 可以清楚地看到,2030 年,中国北方大部地区的降水将会出现增加的趋势(西北地区除外),华北地区将是中国大陆降水增加最明显的地区,其次是东北地区 and 西南南部地区;长江以南即江南和华南地区的降水将会明显减少。这意味着在全球气候不断增暖过程中,中国夏季的降水格局将会发生明显的改变,北方地区降水增多,而南方地区降水减少,亦即出现一种北多南少的降水分布形势。有意思的是,国家气候中心的全球海气耦合模式(NCC-CGCM)的

而知,有待进一步深入研究。

4.3 成因分析

20 世纪 70 年代中后期以来,华北地区冬季 500 hPa 位势高度场一直处于增高态势,1977—2000 年明显高于 1950—1976 年,而未来 30 年依然会持续增高。未来 30 年中,中国大陆冬季位势高度场增加更加明显(图 8),其中,华北地区增高幅度最为显著,是亚洲中纬度高度增加最大的地区,南方增高幅

度相对较小。由于人类活动外强迫的影响,使地面温度上升,感热增强(图略),同时抬升了位势高度场,而位势高度场的增高又反过来加强了地面温度的增加。这是一个正反馈过程。

与冬季不同,在过去的近 50 年里,当华北地区夏季降水偏多时期,500 hPa 高度距平场上华北地区为距平低压控制;而在华北地区降水偏少时期,则主要受距平高压控制(图略)。这主要是因为,在降水偏多时期,感热减小,而潜热增大(图略),致使 500 hPa 位势高度场有所降低。图 9 给出了 2001—2030 年与 1977—2000 年两个时段 500 hPa 高度差值场,清

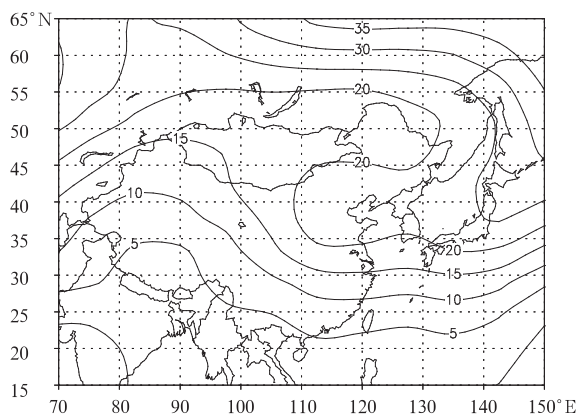


图 8 华北地区未来 30 年夏季 500 hPa 位势高度场变化分布(单位: gpm)

Fig. 8 Changes in simulated JJA 500 hPa heights in the futures 30 years (units: gpm)

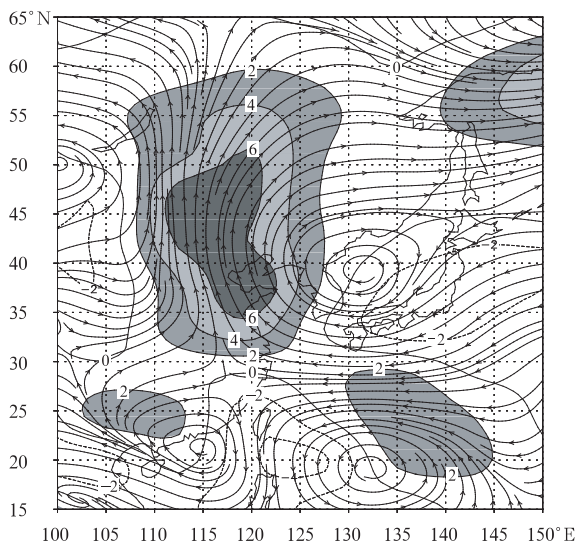


图 10 华北地区 2001—2030 年与 1977—2000 年夏季 850 hPa 水汽通量差值场(单位: $10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)

Fig. 10 Differences of the JJA 850 hPa water vapor fluxes of 2001—2030 minus 1977—2000 (unit: $10^{-5} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$)

晰可见,中国大陆北方地区的高度场降低,而南方地区高度场则在不断升高,它是未来 30 年华北地区夏季降水增加、而南方降水减少的主要环流因素之一。

张庆云等^[6]认为 80 年代开始的华北地区干燥少雨是由于华北地区的偏北气流增强而偏南气流减弱导致水汽的向北输送受到抑制。图 10 给出了华北地区夏季 850 hPa 水汽通量 2001—2030 年与 1977—2000 年的差值场分布,可以看出,未来 30 年华北地区的偏南气流比前一个时期会有显著增强,华北地区处于明显的水汽辐合区,水汽条件增加,它为华北地区降水的增加提供了必要的水汽条件。

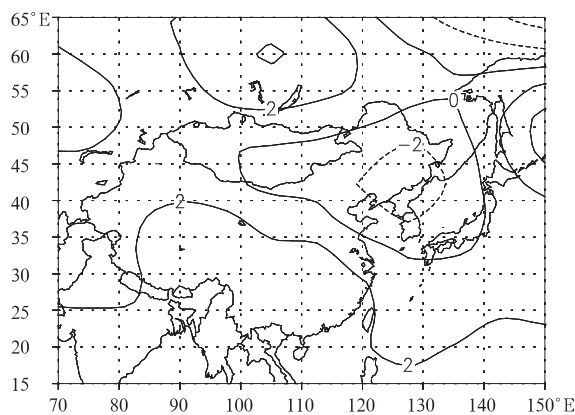


图 9 华北地区冬季 2001—2030 年与 1977—2000 年 500 hPa 位势高度差值场(单位: gpm)

Fig. 9 Differences of the DJF 500 hPa heights of 2001—2030 minus 1977—2000 (units: gpm)

5 结 论

利用 GOALS 4.0 模式,考虑了大气中真实温室气体浓度和未来排放情景的影响后,模拟研究了中国华北地区 20 世纪近 50 年来的气候变化并预估了未来 30 年的气候变化趋势,得出如下主要结论:

(1) 考虑大气中温室气体的真实排放后,GOALS 4.0 模式较好地模拟了 20 世纪后半叶华北地区的气候变化,成功再现了 70 年代前后冬季的冷暖以及夏季降水的丰枯时期,表明 GOALS 4.0 模式对华北地区的气候变化具有较好的模拟能力。

(2) 未来 30 年,中国大陆冬季温度呈现出不断上升趋势,华北地区将会是中国大陆增温最显著、增温幅度最大的地区,到 2030 年,增温幅度将会达到 2.5°C ;西南地区南部的增温幅度最小,甚至会出现局部降温。

(3) 2001—2030 年,中国夏季东部地区降水将出

现北多南少的分布形态(西北地区除外),亦即华北地区降水会明显增加,而南方地区的降水将会减少。

(4) 冬季中国大陆 500 hPa 高度场将继续升高,其中华北地区处于升高最显著的区域;华北地区夏季的高度场则会降低,同时 850 hPa 高度场上的偏南气流加强,为华北地区降水的增加提供了必要的水汽条件。这也是华北地区未来 30 年冬季温度不断升高、夏季降水增加的主要环流因素。

参考文献

- [1] Chen L X, Shao Yongning, Dong Min. Preliminary analysis of climatic variation during the last 39 years in China. *Adv Atmos Sci*, 1991,8(3):279-288
- [2] 黄荣辉,徐予红,周连童.我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势. *高原气象*,1999,18(4):465-476
- [3] 杨修群,谢倩,朱益民等.华北降水年代际变化特征及相关的海气异常型. *地球物理学报*,2005,48(4):789-797
- [4] 朱益民,杨修群.太平洋年代际冬季振荡与中国气候变率的关系. *气象学报*,2003,61(6):641-653
- [5] Huang Ronghui, Wu Yifang. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. *Adv Atmos Sci*, 1989,6:21-30
- [6] 张庆云,卫捷,陶诗言.近 50 年华北干旱的年代际和年际变化及大气环流特征. *气候与环境研究*,2003,8(3):307-318
- [7] 柳艳香,郭裕福.中高纬度气压系统异常对东亚夏季风年代际变化的影响. *高原气象*,2005,24(2):129-135
- [8] 马柱国,符淙斌.中国北方干旱区地表湿润状况的趋势分析. *气象学报*,2001,59(6):737-746
- [9] IPCC. *Climate Change, 2001: The Scientific Basis* // Houghton J H, et al. UK: Cambridge University Press,2001:770pp
- [10] Guo Yufu, Yu Yongqiang, Liu Xiyang, et al. Simulation of climate change induced by CO₂ increasing for East Asia with IAP/LASG GOALS model. *Adv Atmos Sci*, 2001,18(1):53-66
- [11] Wu Guoxiong, Liu Hui, Zhao Yucheng, et al. A nine-layer atmospheric general circulation model and its performance. *Adv Atmos Sci*, 1996,13 (1):1-18
- [12] Zhang Xuehong, Shi Guangyu, Liu Hui, et al. *IAP global ocean-atmosphere-land system model*. Beijing, New York: Science Press, 2000: 155-170
- [13] Yu Yongqiang, Zhang Xuehong. A modified ocean-atmosphere scheme. *Chinese Science Bull*, 1998, 43: 866-877
- [14] 马晓燕. 外部强迫因子对气候变化影响的数值模拟试验研究[D]. 北京:中国科学院大气物理研究所,2002: 79-117
- [15] 徐影. 人类活动对气候变化影响的数值模拟研究[D]. 北京:中国气象科学研究院,2002: 85-103

PREDICTION RESEARCH OF CLIMATE CHANGE TRENDS OVER NORTH CHINA IN THE FUTURE 30 YEARS

Liu Yanxiang^{1,2} Wu Tongwen¹ Guo Yufu² Yan Jinghui¹

1 The Laboratory of Climate Study of China Meteorological Administration, National Climate Center, Beijing 100081

2 LASG, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

Abstract

A simulation of climate change trends over North China in the past 50-year and future 30-year was performed with the actual greenhouse gas concentration and IPCC SRES B2 scenario concentration by IAP/LASG GOALS 4.0 (Global Ocean-Atmosphere-Land system coupled model) developed by the state key laboratory of numerical modeling for atmospheric sciences and geophysical fluid dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics (IAP), Chinese Academy of Sciences (CAS). In order to validate the model used, the modern climate from 1950—2000 was first simulated by the GOALS model with the actual greenhouse gas concentration, and the simulation results compared with the observed data. The simulation results basically reproduce the lower temperature from the 1960s to mid-1970s and the warming from 1980s for the globe and North Hemisphere, and better the important cold (1950—1976) and warm periods (1977—2000) in the past 50 years for North China. The correlation coefficient is 0.34 between simulations and observations (significant at a more than 0.05 confidence level). The range of winter temperature departures for North China is in between those for the eastern and western of Chinese Mainland. Meanwhile, the summer precipitation's trend turning around 1980s is also successfully simulated. The climate change trends in the future 30 years were simulated with the CO₂ concentration under IPCC SRES B2 emission scenario. The results show that, in the future 30 years, winter temperature will keep a warming trend in North China and increase about 2.5 °C relative to climate mean (1960—1990). Meanwhile, summer precipitation will obviously increase in North China and reduce in southern China, displaying a south-deficit-north-excessive pattern of precipitation.

Key words: GOALS 4.0, North China, CO₂ concentration of B2 emission scenario, Climate change projection.