

# 模拟温室效应对我国 气候变化的影响

赵宗慈

(气象科学研究院)

## 提 要

利用5个全球大气海洋海冰模式,模拟了大气中二氧化碳浓度的增加对我国冬季与夏季地面气温、降水率及土壤湿度的影响。结果表明,由于温室效应,我国冬、夏季气温增暖,降水率与土壤湿度也有明显变化。

## 一、引 言

温室效应对气候变化的影响已在国内外引起人们的极大重视,其中对二氧化碳作用的研究最多。一些观测数据表明,在工业革命以前从1750年到1860年的百余年间,大气中二氧化碳的浓度仅增加6ppmv;1860—1900年的40年间增加6ppmv;1900—1940年的40年间增加8ppmv。引人注目的是1940—1985年这45年间,二氧化碳浓度增加高达46ppmv。许多研究工作表明,温室效应确实影响了全球气候变化。大量气候模式模拟工作给出,大气中二氧化碳浓度增加2倍,造成全球地面气温大约增加2—4℃左右,这种现象尤以高纬度与极区以及冬半年表现更为明显(1)。

大气中二氧化碳浓度的增加,对我国的气候变化将有何影响?本文利用5个全球气候模式,模拟了大气中二氧化碳浓度的增加,对我国地面气温、降水率及土壤湿度的影响。

## 二、模式组的基本特征

本文选用包含较多物理过程、更接近实际的气候模式,即全球三维大气环流模式(AGCM)耦合全球混合层海洋(带海冰)模式。共选用5个这种类型的模式,即美国

普林斯顿大学地球物理流体动力学实验室(GFDL)模式,美国宇航局高达空间研究所(GISS)模式,美国国家大气研究中心(NCAR)模式,美国俄勒冈州立大学气候研究所(OSU)模式以及英国气象局(UKMO)模式。其中GFDL与NCAR模式是谱模式,其余3个是网格点模式。5个模式皆为全球模式,水平坐标为纬度—经度;对流层中云的分布及相应的辐射都是在每一层允许云形成,云影响反照率和入射辐射的输送;地形及海陆分布都是实际的;入射的太阳辐射都包括季变化,GISS和UKMO模式还包含了日变化;混合层海洋深度一般取50—60m,GISS模式的深度则随季节变化;陆地模式除GISS为二层预报模式外,其余均为一层预报模式;大气部分垂直层次从简单的OSU2层到复杂的UKMO11层不等。模式的其它特征由表1给出。

5个大气海洋模式对于控制试验( $1 \times \text{CO}_2$ )与敏感试验( $2 \times \text{CO}_2$ ),均计算到平衡状态后再继续计算5—10年不等。其结果是取平衡状态后计算的5年或10年平均值,因而模拟结果有较好的代表性。

## 三、模拟结果

本文的目的是研究大气中二氧化碳浓度

表1 5个全球三维大气海洋模式的基本特征

特征 \ 模式	GFDL	GISS	NCAR	OSU	UKMO
垂直范围	地面到0hPa	地面到10hPa	地面到0hPa	地面到20hPa	地面到对流层顶
坐标	$\sigma = \frac{P - P_i}{P_s - P_i}$	$\sigma = \frac{P - P_i}{P_s - P_i}$	$\sigma = \frac{P - P_i}{P_s - P_i}$	$\sigma = \frac{P - P_i}{P_s - P_i}$	$\sigma = P/P_s$
求解方法、水平方向解	有限差分方法用在垂直方向与时间上, 水平方向谱模式, 15波截断 (4.5°×7.5°)	有限差分方法用在垂直方向、时间与水平方向 (8°×10°)	同GFDL	有限差分方法用在垂直方向、时间与水平方向 (4°×5°)	有限差分方法用在垂直方向、时间与水平方向 (5°×7.5°)
垂直层次	9	9	9	2	11
海洋混合层深度	50m	用气候值给定的, 深度随季节变化, 最大深度为65m, 给定季节海洋热辐合	50m	60m	50m 给定季节海洋热辐合
1×CO <sub>2</sub> 与2×CO <sub>2</sub> 试验的平均时间长度 (计算达平衡后)	模拟的最后10年	模拟的最后10年	模拟的最后3年, 信度检验用模拟的最后7年	模拟的最后10年	1×CO <sub>2</sub> 取模拟的最后8年, 2×CO <sub>2</sub> 取模拟的最后5年
信度检验	t检验	双重t检验	Chervin (1981)	Chervin (1981)	双重t检验

增加2倍对我国气候变化的影响, 本工作是建立在文献〔2〕、〔3〕的工作基础上。即给出5个模式模拟的我国或东亚地区气候变化的特点, 全部结果都用1×CO<sub>2</sub>与2×CO<sub>2</sub>的差值形式给出。

1. 地面气温的变化

表2给出了由于大气中二氧化碳浓度增加2倍, 5个模式模拟我国地面气温的冬夏变化范围及平均范围。

图1、图2分别给出了5个模式对我国冬、夏季地面气温变化及5个模式的综合模拟结果。其综合方法是统计有几个模式模拟地面气温变化>4℃。例如, 5表示在该点有5个模式模拟地面气温变化>4℃, 1表示在该点有1个模式模拟地面气温变化>4℃, 亦即有4个模式模拟地面气温变化在该点<4℃, 依

表2 我国地面气温变化的模拟 (单位℃)  
(2×CO<sub>2</sub> - 1×CO<sub>2</sub>)

模式 \ 气温变化 \ 季节	季节	
	12—2月	6—8月
GFDL	3.5—6.0	1.5—6.0
GISS	3.5—5.5	2.0—6.0
NCAR	2.0—6.0	0.0—4.0
OSU	2.5—3.5	2.0—3.5
UKMO	4.0—7.5	3.5—6.0
平均	3.1—5.7	1.8—5.1

次类推。最后分析等值线。

表2与图1、图2一致表明, 由于大气中二氧化碳浓度的增加, 我国气温将变暖, 冬季大致变暖3.1—5.7℃, 夏季大致变暖1.8—5.1℃。其中4个模式表明冬季我国东北、内

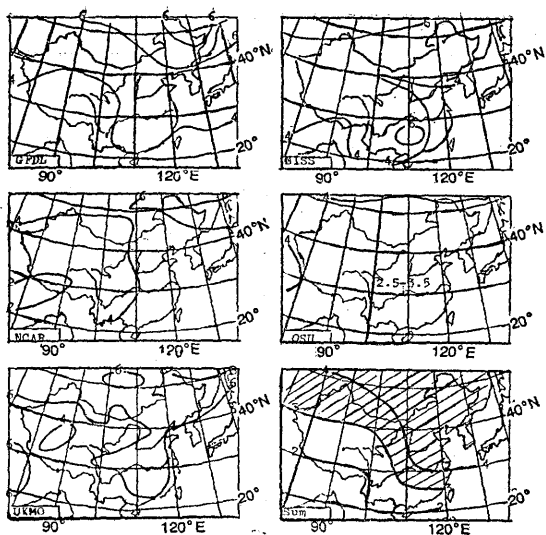


图1 我国冬季(12—2月)地面气温变化的模拟(单位:°C)

综合图(右下角图)中>3的地区用斜线表示

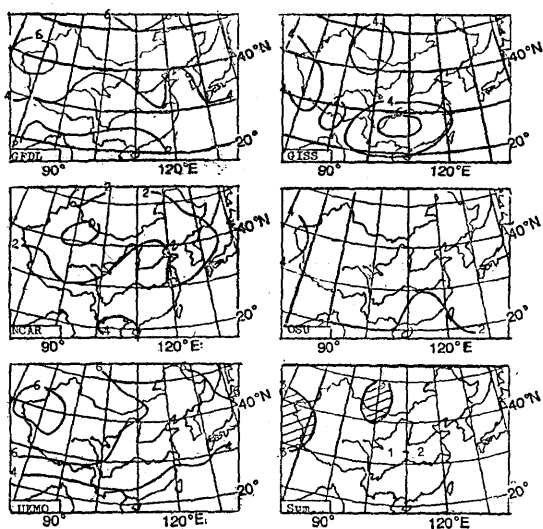


图2 我国夏季(6—8月)地面气温变化的模拟

(单位及说明同图1)

蒙古西部、华北地区以及江淮下游地区增暖在4°C以上;3个模式表明西北及长江流域增暖在4°C以上;而较多模式则表明华南及西南增暖<4°C。大部分模式模拟出夏季全国大部分地区增暖<4°C。

## 2. 降水率的变化

图3、图4给出5个模式模拟出的由于大气中二氧化碳浓度增加,我国冬、夏降水率的变化及5个模式的综合模拟图,这里统计临界值<0mm/day。例如,0表示0个模式模拟该点降水率<0mm/day,即5个模式模拟该点降水增加。又如4表示4个模式模拟该

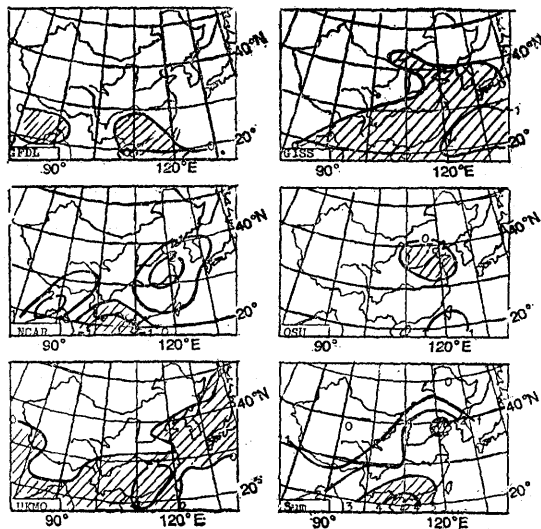


图3 对我国冬季(12—2月)降水率变化的模拟(单位:mm/day)

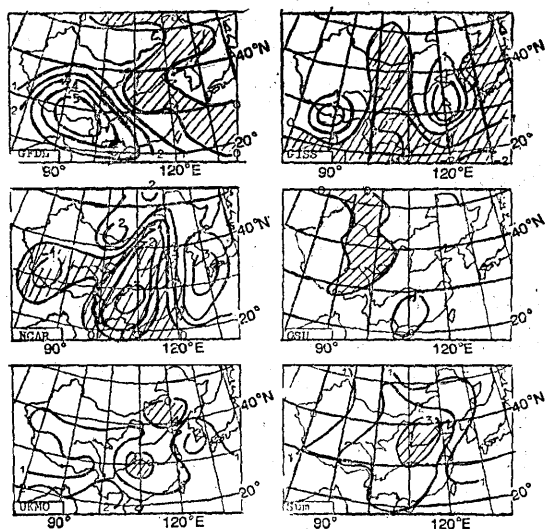


图4 对我国夏季(6—8月)降水率变化的模拟(单位:mm/day)

点 $<0\text{mm/day}$ ，即该点有4个模式模拟降水将减少。

5个模式模拟结果表明，由于大气中二氧化碳浓度的增加，冬夏季我国降水率亦有明显变化。有些地区降水率将增加 $1-4\text{mm/day}$ ；有些地区降水率将减少 $1-3\text{mm/day}$ ，尤以夏季变化更明显。但5个模式模拟出的增加与减少的区域位置差别较大。从综合图（图3、4的右下角）上看到，大多数模式表明，冬季我国渤海沿岸和华南降水将减少；我国其它地区降水将增加，尤以西部及东北大部降水增加的可能性更大。夏季大部分模式模拟表明，除黄河中下游及武汉附近降水将减少外，全国大部分地区降水将增加。

### 3. 土壤湿度的变化

图5、图6给出了5个模式模拟的由于大气中二氧化碳浓度增加，东亚地区冬夏土壤湿度的变化，我们感兴趣的是我国的情况。

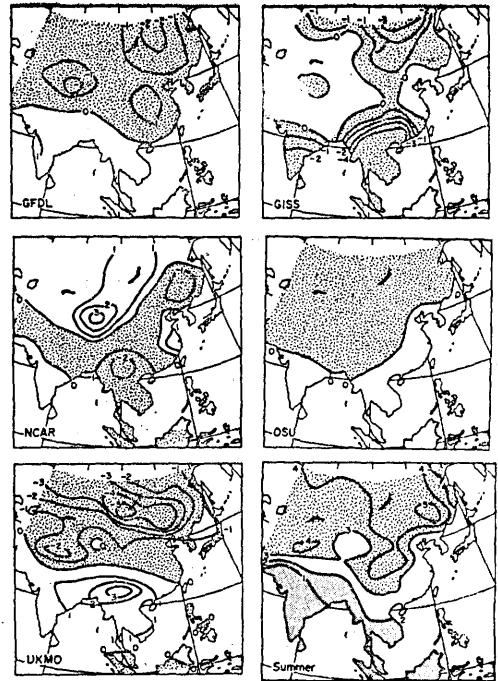


图6 对东亚地区夏季(6—8月)土壤湿度变化的模拟

单位及说明同图5

从图5、图6注意到，由于大气中二氧化碳浓度的增加，我国土壤湿度亦发生明显变化。有些地区变湿 $1-2\text{cm}$ ，有些地区变干 $1-3\text{cm}$ 。但5个模式模拟出的变湿、变干区域位置差别较大。从图5与图6的综合图上看，大部分模式模拟表明，冬季我国南方大部分地区将变干；而北方大部分地区将变湿。夏季我国中部地区较大范围将变干，尤以河套及附近区域以及东北变干的可能性更大。

### 四、总结与讨论

一些研究工作表明，如果人类仍接近20年的政策使用燃料，那么到21世纪上半叶，全球大气中二氧化碳含量将达现在的二倍，这将对全球气候变化有明显影响。上述模拟结果表明，这种温室效应将使我国明显变暖并且我国某些地区将明显变干燥，这一点是值得我们注意的。

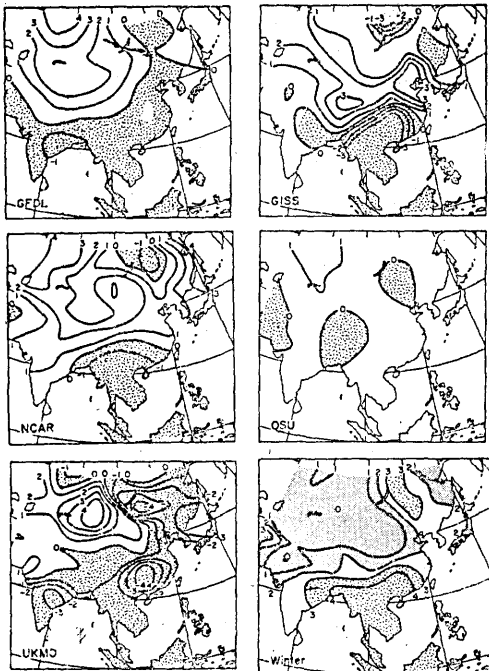


图5 对东亚地区冬季(12—2月)土壤湿度变化的模拟(单位: cm)

前5幅图中花区表示变干区(负值区)，综合图花区表示3个或3个以上模式模拟的变干区，阴影区表示变湿区

当然需要指出的是,由于影响气候变化的因子是多方面的,有自然的原因,也有人为的原因,人为原因也不仅仅是二氧化碳这一项。本文仅给出二氧化碳增加对气候变化的影响,真正做气候预报时则需综合考虑多方面因素的共同作用结果。

由于5个模式都是全球模式,因而模拟结果表示的是全球的变化,对于局部地区,模式的设计是不够细致的。未来的工作将在全球模式中嵌套中国更细致的物理过程,预期将会得到更好的模拟结果。

感谢

作者由衷的感谢 Schlesinger 教授 (OSU)、王绍武教授 (北京大学) 对本工作的大力帮助和支持。

### 参 考 文 献

- (1) 赵宗慈, 用气候模式模拟大气中二氧化碳浓度增加对气候变化的影响, 气象科技, 1986年第4期。
- (2) Schlesinger, M.E., Model projections of CO<sub>2</sub>-induced climatic change, Bull. Am. Meteorol. Soc. (Submitted).
- (3) Zong-ci Zhao and W.W. Kellogg, 1988b. Sensitivity of soil moisture to doubling of carbon dioxide in climate model experiments. Part I: The Asian Monsoon region, Journal of Climate, 1, 367-378.

## Climatic changes in China as simulated due to green house

Zhao Zongci

(Academy of Meteorological Science)

### Abstract

The changes of the surface air temperature, precipitation rate and soil moisture in winter and summer seasons in China induced by doubled CO<sub>2</sub> as simulated by five atmospheric GCM /mixed-layer ocean(with ice)models are shown. It is demonstrated from five simulations that the temperature is going up in China and precipitation and soil moisture are changing somewhere due to the green house than the present time.