

论温室效应对中国社会经济发展的影响

Greenhouse Effect's Impact on China's Social Economic Development

王维强

(美国纽约州立大学大气科学研究中心,教授)

葛全胜

(中国科学院地理研究所,副研究员)

编者按 本文所提供的大气温室效应对中国 21 世纪气候影响的预测值得重视。原因至少有二。一、作者所利用的大气环流气候预测模型虽是众多预测模型中的一种,但其总体结论与其他模型分别给出的总趋势基本是一致的。这种从多种角度进行模拟,却得出预测结果总体的一致性这一事实本身就应引起高度重视。二、本文所预测的中国 21 世纪气候总趋势与中国近十年来已发生的气候变化大趋势,如北方冬季气温明显转暖,春季暴雨趋增,黄淮、华北旱情加剧,西北沙漠化面积扩展等,有着明显的一致性。故本刊特予发表,以期引起各有关方面和各方专家学者的关注。作者来信称本文经叶笃正和王绍武二位教授看过,并由他们一致推荐在我刊发表。

提要 大气中日益增多的温室气体将使中国的气候产生显著的变化。利用大气环流气候模式进行的模拟试验揭示:如果大气中温室气体的含量以目前的增长率持续增长,与目前的气候相比较,在 21 世纪中期,中国的年均气温增加 4.6°C , 年均降水增加 7%, 中国旱涝发生的概率增大。因日益增加的温室效应而造成的气候变化将对中国社会、经济的发展产生巨大的影响,如农业问题、生态系统影响问题、华北缺水问题、西北沙漠化问题、黄河治理问题、沿海建设问题。

一、引言

中国面临的问题很多。其中之一便是必须避免生态环境的进一步恶化,以相对紧缺的耕地资源、淡水资源和森林资源供养近 12 亿人口。在这方面,中国已取得的成就是值得赞叹的。但同时我们也看到,以现有的生态环境及依此构成的中国工农业生产布局、发展规模和人民生活生活的习性,对于未来自然环境的任何变迁都将是敏感的,若对未来环境可能出现的变化毫无概念和认识,或被动地看待这一问题,则将意味着危险和遗憾。

由于人类活动造成的温室效应,可能使得未来中国气候状况与当今有很大的不同,诸多的环境因素可能因之有所变化。当今人类对此还有不少未知数,特别是对较小的区域,但是,我们所拥有的知识和手段,已足以构成某种程度上相对确实性,可

以作为认识某些现象的依据。中国有句古训:凡事预则立,不预则废。在目前,积极展开温室效应及其影响的研究,做到未雨绸缪,不仅是中国得以保护环境,实现社会经济持续发展的前提,而且,为中国长远发展,为对中华民族子孙后代负责,也是当代人必须担负的责任。

二、未来中国的气候可能出现的变化

由于人类活动,大气中温室气体(如二氧化碳 CO_2 、甲烷 CH_4 、氯氟化合物 CFCs)日益增多(见表 1)。这些温室气体既强烈地吸收红外区 $8\sim 10$ 微米波段,直接地影响到大气的辐射过程[Wang et al, 1986; IPCC, 1990, 1992],又与大气产生物理化学作用,因而可能引致全球变暖,降水等其它气候因子也有较大幅度的变化。

臭氧(O_3)也是一种温室气体,它的变化也会影

响全球气候[WMO,1992]。观测表明,对流层中下层(8公里以下)北半球臭氧含量近年来每年增加1%,这意味着地面的温室效应将进一步强化。但观测又表明,在平流层下层(25公里)全球臭氧含量在过去的10年里有所减少(在南极甚至出现了臭氧洞)。大气臭氧层的破坏将直接威胁人类的身体健康,减少农产质和量,同时还破坏森林,恶化生态环境。

研究温室气体的气候效应至今都是利用数值试验取得的。目前,世界上几个著名模式是:美国国家大气研究中心模式(NCAR),美国国家海洋和大气局的地球物理流体动力学试验室模式(GFDL),美国国家航空和航天局气候模式(GISS),英国气象局模式(UKMO)以及德国麻普学院(MPI)气候模式。由于大气本身的复杂性及当前技术手段的限制,在模拟大气中温室气体增多导致全球气候变化时,多家模式数值结果并不十分一致,但大趋势是很相近的[IPCC,1990,1992]。

假如大气中的温室气体照目前趋势继续增长,在下世纪中期,其含量将比目前增加一倍。各家模式的研究结果显示:(1)全球年均增温1.5~4.5℃(最大可能增温2.4℃),其中高纬增温幅度大于低纬,冬季增温高于夏季;(2)全球降雨年均增加7~11%,但这种增加主要发生在高纬和热带地区,中纬度地区年均降雨则减少[IPCC,1990,1992]。

目前数值模式的发展尚未达到对区域性温室气体的气候效应的预测有足够的可靠性,这是因为在现有的模式中,大气和地面的气候过程都很简化,海洋对气候的影响(特别是对区域气候的影响)也没有被充分地考虑。解决这些问题还有一段很长的路要走。然而,这丝毫不是建议我们放弃现有的模式来讨论区域性温室效应问题。原因有二:一是温室气体无疑对区域气候有显著的作用,利用模式的结果诊断区域性温室效应将有助于模式的改进;二是在目前,数值模拟不仅是研究全球温室效应,也是研究区域性气候变化唯一有效的手段。

最近,我们使用NCAR最新气候模式版本,对1990年及2050年气候情景进行了模拟试验。1990年试验所用的温室气体含量是实际观测值,2050年试验所假定的温室气体含量是按目前温室气体年增长率推算的(见表1),试验时间是100年-模式的稳定性已有信度保证。经过比较,我们的模拟与前述其它模式的结果基本上一致[Wang et al., 1991,1992]。由于大气中日益增多的温室气体的影响,我们的试验认为2050年中国的气候状况可能与1990年的状况有很大的不同[Ge and Wang, 1992]。

温度 以年平均计,中国大陆地区增温4.6℃,其中长江流域和黄河流域分别增温4.2℃和4.6℃。

表1. 大气中若干重要的温室气体目前的含量、增长率以及由此推算的2050年含量[IPCC,1990]

	二氧化碳 CO ₂ (ppmv)	甲烷 CH ₄ (ppmv)	氟里昂 CFC ₁₁ (pptv)	氟里昂 CFC ₁₂ (pptv)	一氧化二氮 N ₂ O (ppbv)
1990年实测值	353	1.72	280	484	310
目前年均增长率(%)	0.5	0.9	4	4	0.25
2050年估算值	539	3.24	550	1070	370

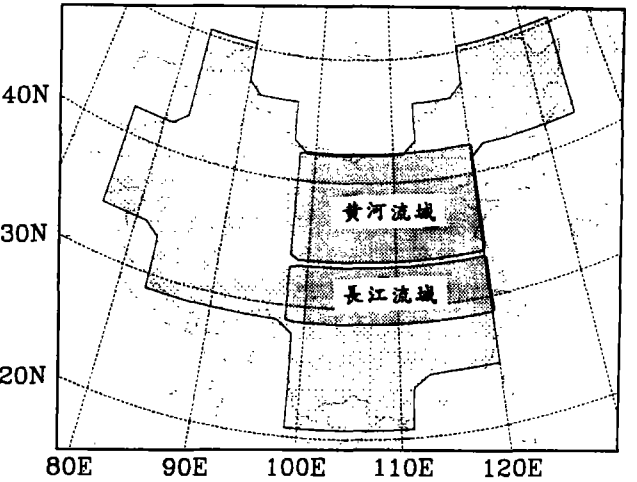


图1. 中国、长江流域和黄河流域所指的区域示意图

本文所指中国大陆地区(下文均简称中国),长江流域和黄河流域所覆盖的区域示于图1。作此定义是为了方便使用模式网格点上的资料。相比较而言,中国冬季增温幅度要高于夏季增温幅度,其差幅在长江流域高达1.5℃(见表2)。图2是中国冬季、夏季和年季平均增温的分布图。分布的总趋势是北高南低,但黄淮地区在冬季和新疆西部在夏季的增温却明显高于同纬度的其它地区。

表2. 2050年与1990年温度和降雨的差异

	温度(℃)			降雨(毫米/天)		
	冬	夏	全年	冬	夏	全年
中国 (增长率%)	5.1	4.4	4.6	0.15 (7.9)	0.42 (6.4)	0.28 (7.1)
长江流域 (增长率%)	4.9	3.4	4.2	0.02 (-0.7)	1.50 (12.9)	0.51 (8.0)
黄河流域 (增长率%)	5.2	4.0	4.6	0.19 (13.6)	0.62 (8.4)	0.42 (9.7)

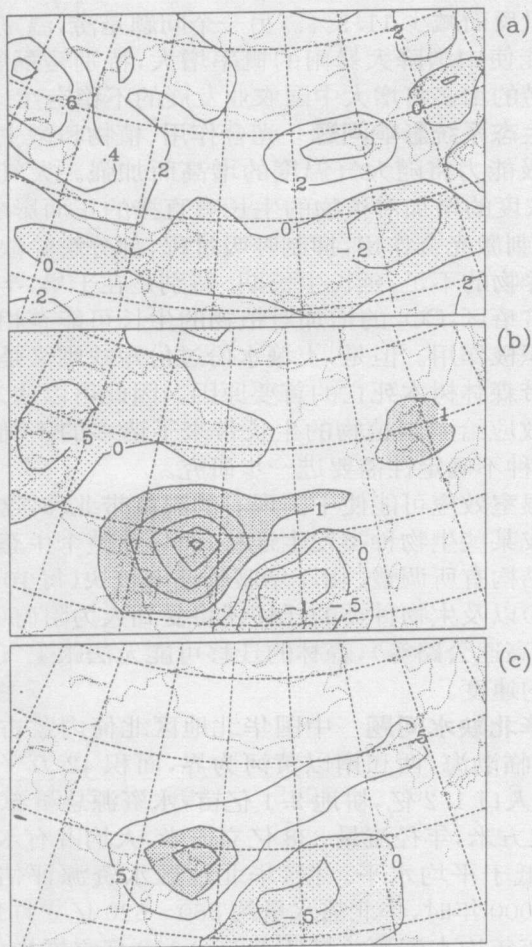


图2 2050年与1990年,中国温度差异的分布,(a)冬季;(b)夏季;(c)年平均。线距是0.5℃,阴影区温度差异高于6℃。

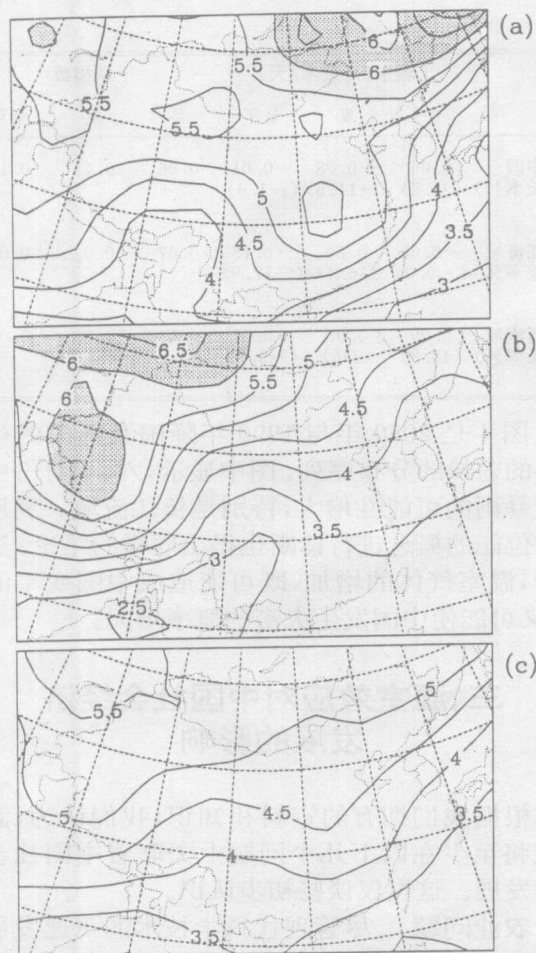


图3 2050年与1990年,中国降雨差异的分布,(a)冬季;(b)夏季;(c)年平均。(a)线距是0.2毫米/天;(b)差值大于零时线距是1.0毫米/天,差值小于零时线距是0.5毫米/天;(c)线距是0.5毫米/天。浓影区差值大于1.0毫米/天,淡影区差值小于0.0毫米/天。

降雨 中国年均降雨约增加7%,其中长江和黄河流域分别增加8%和10%(见表2)。从季节分布上看,在冬季,长江以北地区降雨增加,而长江以南地区降雨则减少;在夏季,云、川、藏交接处的降雨增幅甚大,但新疆、华南地区降雨减少。从年平均看,降雨增加主要发生在渤海湾至云、川、藏交界处的一条斜带上,而东南地区(包括台湾以及南海北部区域)降雨减少(见图3)。

旱涝 受日益增多的温室气体的影响,中国的降雨可能有所增加,但中国仍可能有变干旱的趋势,这是因为同时发生的强烈增温效应使得蒸发增多。表3列出了2050与1990年土壤水份含量和地表干旱指数的差异状况(干旱指数D的定义是: $D=B/R$;B是蒸发力;R是降雨)。以年均计,中国的土壤水份含量和干旱指数的变化分别是-11.5%和0.19,长江流域分别是-12.9%和0.05,黄河流域分别是-9.7%和0.05。

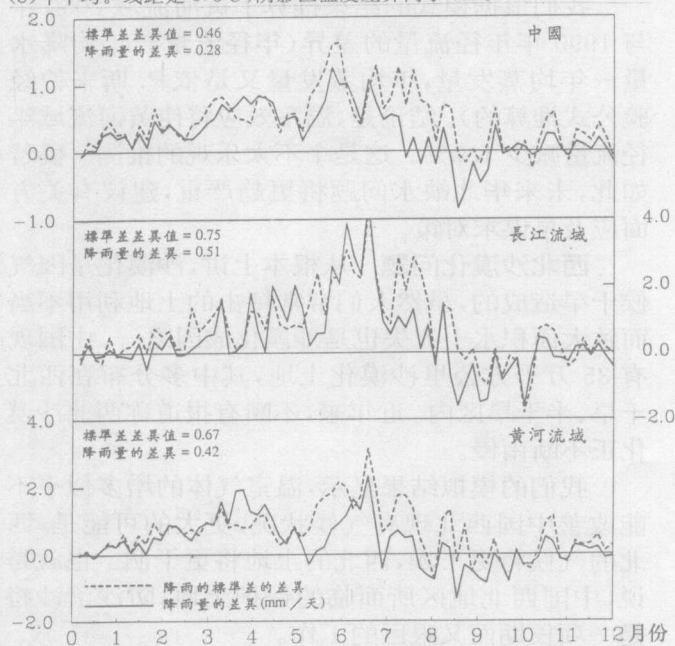


图4 2050年与1990年,降雨量以及降雨的标准差的差的分布序列。纵轴单位是毫米/天,横轴单位是月但基本单位是5天。

表 3. 2050 年与 1990 年土壤水份含量和干旱指数的差异

	土壤水份(毫米/天)			干旱指数		
	冬	夏	全年	冬	夏	全年
中国 (增长率%)	0.06 (34.5)	-0.08 (-11.5)	-0.01 (-1.6)	0.06	0.44	0.19
长江流域 (增长率%)	-0.06 (-9.0)	0.20 (16.4)	-0.13 (-12.9)	0.07	0.02	0.05
黄河流域 (增长率%)	0.09 (48.3)	0.02 (2.6)	-0.07 (-9.7)	0.03	0.05	0.05

图 4 是 2050 年与 1990 年降雨及降雨的标准差异的分布序列。图中显示,六、七月份中国发生暴雨的可能性增大,特别是长江流域。利用湿静力位能的概念进行诊断也得出同样的结论。这意味着,温室气体的增加,既可能造成中国变旱的趋势,又可能使中国发生大涝的概率增大。

三、温室效应对中国社会经济发展的影响

根据我们拥有的资料 and 知识,我们认为,温室效应将至少在以下几个问题上关联着中国社会经济的发展。这里仅谈些初步认识。

农业问题 尽管现代科学技术的飞速发展给农业生产带来了显著的变化,但在未来的一段时间内农业收成的好坏仍不能摆脱天气、气候的影响,大气中日益增多的温室气体无疑将给中国农业的发展带来不确定性。

1. 假如大气中温室气体含量的增长率保持现状不变(即人类不采取调整自身行为的主动措施),至 21 世纪中期,中国目前划定的温度带将悉数北移 2~4 个纬度,现今的每个温度带几近变成相邻的、纬度较低的(或海拔较低的)温度带。寒温带和中温带大部分将消失,整个亚热带的面积将有较大幅度的增加。这种情景果真到来对于中国农业的发展不啻是喜从天降。其一,中国的复种指数将大幅度提高,这无异于变相增加了耕地面积;其二,中国东南部农作物春夏低温问题以及中国东北农作物夏季冷害问题将有较大程度的缓和;其三,高温将促使农作物增加产量,特别是在一定的温度条件下,高浓度的 CO_2 会使作物光合作用增强而产量提高。

2. 大气中日益增多的温室气体给中国农业的发展带来积极影响的同时也带来了负面作用,这就是旱涝发生的概率增多。前节已述及,2050 年(彼时大气中温室气体含量被假定为目前的两倍),中

国的年均降雨量将可能增大 7%,但同时因增温剧烈(4.6°C),蒸发增大(干燥系数增大 0.19),土壤水份含量反而减少 11.5%。另一个问题是涝,温室效应可能使中国降大暴雨的概率增大,特别是夏季。旱和涝的增多将增大中国农业发展的不稳定性。

生态系统影响问题 光合作用、植物和微生物的呼吸能力将随大气温度的增高而加强。大气中 CO_2 浓度的增加对植物的生长有直接的正面影响,包括:刺激光合作用,抑制呼吸过程,部分解除缺水和营养物的不足,延长生长期。特别是在干旱、半干旱及贫瘠区, CO_2 的增加对植物的生长可能有相当大的积极作用。但是,土壤水份过份短缺则又是致使温带森林树木死亡的首要原因。因此可以认为,温室效应给中国植物的生长带来了诸多的不确定性,这种不确定性需要进一步研究。

温室效应可能使中国现有的温度带北移,这势必造成某些生物种类发生迁移,而导致整个生态系统的结构有所调整。由于增暖的速率较快(每 10 年 0.7°C)以及生物种类的迁移还将受到人为阻碍(如城市、高速公路等),森林的迁移可能无法跟上气候变化的速度。

华北缺水问题 中国华北地区北倚内蒙古高原,东临渤海,西和南以黄河为界,面积 42 万平方公里,人口 1.2 亿,耕地 2.1 亿亩,水资源总量 509.1 亿立方米,年径流量 338 亿立方米,人均占有水量大大低于平均水平。据《华北地区水资源评估报告》,2000 年时,华北需水量约 560~620 亿立方米,比多年年均水资源总量还大 50~110 亿立方米(见中国科学技术蓝皮书——气候,1990)。

我们根据模式的结果推算了黄河流域 2050 年与 1990 年年径流量的差异(年径流量=年均降水量一年均蒸发量,年均蒸发量又是依 P. 斯来伯经验公式推算的)。结论是,温室效应将使黄河流域年径流量减少 1.7%。这是个不太乐观的推测。倘若如此,未来华北缺水问题将更趋严重,建议有关方面应及早谋求对策。

西北沙漠化问题 从根本上讲,沙漠化是因气候干旱造成的,虽然人们常常抨击的土地利用不当而致大面积水土流失也是沙漠化成因之一。中国现有 35 万平方公里沙漠化土地,其中多分布在西北干旱、半干旱区内。近年来,不断有报道称西北沙漠化正不断南侵。

我们的模拟结果显示,温室气体的增多似乎不能改善中国西北现有气候状况,更大的可能是,西北的气候将更干燥,西北的土地将更干涸。也就是说,中国西北地区所面临的保护土地,防沙治沙将是一项长期而又艰巨的工作。

黄河治理问题 黄河现在是“地上悬河”、“只不坚,则千里为壑”。在历史上,黄河下游决口有 1

500 余次,洪水北到海河,南达淮河,有时还越淮而及苏北地区。纵横 25 万平方公里,浊流所至,人沦为鱼鳖。历史有可能重演。

黄河下游洪水有暴涨暴落的特点,这是因流域的气候状况所致。元人曾讲:“大抵黄河伏槽之时,水势似缓,观之不足为害,一遇霖潦,湍浪迅猛。”(元史·河渠志二·黄河)当洪水猛涨超过河道的容量时,就造成漫溢或溃决。

大气中日益增多的温室气体,将可能使黄河流域未来下大暴雨的概率比目前大,特别是 6、7 月份。这一方面暗示,未来黄河汛期可能要比目前提前一个来月(黄河汛期目前在 7、8 月份),另一方面也暗示,未来黄河隐患增大。

沿海建设问题 中国沿海地区的建设和持续发展是中国经济全面振兴的重要环节。所以,不能不虑及全球增暖对海平面上升的影响。

如果全球气温升高 2°C 以上,陆地冰川及海冰均可能溶化,加之海水本身的热膨胀作用,全球海平面上升是无疑的。IPCC 预计,2030 年海面将上升 20 厘米,2100 年海面上升 65 厘米。这是个十分严峻的问题。届时,中国沿海大片海涂可能被淹没,风暴潮增加,内陆排水困难,海水入侵,沿海地区将面

临巨大的威胁。对此,建议中国有关部门充分考虑对策,特别是对一些正在或尚待开发的地区给出明确的指导意见,制定相应法规,避免以后有大的损失。

四、两点说明

1. 我们特别强调,由于当今数值模式的分辨率仍不足以体现区域性气候特征,温室气体与大气相互作用机制的研究仍需进一步加强,上述关于中国 2050 年气候情景的若干结论不具有足够的可靠性。另外,在我们的模式中,大气中日益增多的气溶胶问题(如中国西南部地区、欧洲及北美工业区)并没有充分考虑。事实上,气溶胶在对流层中能存活几个星期,对大气中的幅射过程及云物理都有明显的影响。

2. 囿于我们的知识水平,本文所论及的温室效应对中国社会、经济发展的影响是不全面的。毫无疑问,大气中日益增多的温室气体对于人类的生存和发展的影响将比本文所论及的要深远和巨大得多。

(责任编辑 蔡德诚)

科技动态

国家自然科学基金为留学回国人员提供施展才智的条件

祖广安

(国家自然科学基金委员会)

1986 年国家自然科学基金委员会(NSFC)成立,1987 年开始设立青年科学基金。几年来,得到 NSFC 项目资助的留学回国人员共有近千人。这批留学回国人员利用科学基金资助的有限经费,得以继续开展以至开拓在国外所从事的研究工作。有些人的科研活动还不断深化,有所创新。有的已经纳入国家的攻关计划和高技术研究计划。这些留学回国人员已成了本系统、本单位的科研骨干。有些人还担任了重要部门的科技领导。几年来的实践表明,NSFC 虽然经费不多,能得到资助的人员很少,能得到资助的科研课题组所获经费又很有限,但毕竟为从事基础研究的广大科技工作者,特别是留学回国人员提供了一个施展才华、发挥作用的条件。NSFC 几年来不断探索建立起来的这种资助方式,不失为一条积极引导留学回国人员在祖国大地上建功立业的有效途径,为国家有效缓解人才外流问题提供了宝贵经验。

在 NSFC 的资助下,留学回国人员发扬艰苦卓绝的奋斗精神,刻苦钻研,在科研工作中取得了一些令科技界瞩目的优秀成果,有些人已成为博士生导师和学科带头人。从下面列举的几例中可略见一斑。

雍炯敏是复旦大学数学系教授,今年 34 岁,1982 年春毕业留校任教,于 1983 年秋公派赴美国珀杜(Purdue)大学数学系攻读博士学位,1986 年 5 月获博士学位后在美国得克萨斯大学奥斯汀分校数学系从事博士后的研究工作,1987 年底回复旦大学数学系任教。1989 年他开始主持 NSFC 青年科学基金项目“非线性分布参数系统最优控制”,一年之后又获得国家教委博士点基金项目“非经典最优控制理论”。回国四年来,他在科研和教学方面成绩显著,先后完成学术论文 60 余篇,大多数是回国后完成的。他在微分对策理论方面系统地建立了非线性系统的追踪与躲避微分对策理论。他利用李雅普诺夫方法创造性地把线性与非线性问题统一处理,揭示了该问题与能控性、能达性之间的内在联系。美国数学权威评价雍炯敏的研究是对追踪与躲避微分对策的一个重要贡献。他还先后为运筹学与控制论专业的研究生开设了 10 门专业基础课,独立指导研究生,为国家教委重点学科的建设做出了很大贡献。

侯晓远是复旦大学物理系副教授,今年 32 岁,1982 年在复旦大学物理系获博士学位,1988 年 3 月获德国洪