全球气候变化的研究与进展

陈 泮 勤 郭 裕 福

（中国科学院自然与社会协调发展局，北京 100045）（中国科学院大气物理研究所，北京 100012）

摘要 论述了全球气候变化的研究目标、方法、主要科学问题及近10年来国内外的研究进展和存在的主要问题。指出中国是全球的一个组成部分，又是人类活动最为强烈的地区之一，在全球气候变化、特别是人类活动诱发的气候变化的研究中占有十分重要的地位。建议大力加强全球气候变化的研究，增加研究经费的投入，积极参与国际科学合作，把当前较为分散的研究有效地组织到一些有前景的、能出高水平成果的课题上去，为全球气候变化研究做更大的贡献。

关键词 全球气候变化，温室气体，温室效应，气候模式。

全球气候变化的研究是当前国际科学的热点之一。这不仅因为全球气候变化是地球演化中的重大事件，对地球上生命的产生，物种的灭绝具有决定性影响，而且从科学的角度看，全球气候变化是在自然和人类活动这两种作用力的趋动下产生的。人们很早就认识到自然趋动力对全球气候变化的作用。如太阳是一部巨大的热机，太阳辐射的变化驾驭着全球气候的变化；地核作为大气运动的又一热源，通过其热力和动力作用影响着全球气候。然而，人们对人类活动本身成为全球气候变化的"第三促动因素"的认识则是近10年的事情。

全球气候变化及其对经济和社会发展的影响是当前人类面临的重大挑战。特别是近10多年世界范围的气候异常给许多国家的粮食生产、水资源和能源带来了严重影响。因此，能否预报气候的异常变化已成为当前迫切需要解决的重大科学问题。

面对全球气候变化的严重挑战，国际科学界相继提出了"世界气候计划（WCRP）和国际地圈、生物圈计划（IGBP）。WCRP和IGBP计划被国际科学界认为是减少对全球增暖估计中的不确定性的两大科学支撑计划，受到各国科学家、决策者的高度重视。

1 全球气候变化研究的目标、方法和主要科学问题

当代气候学的发展表明，气候学流包括5个子系统，即大气、海洋、冰雪圈、陆地表面和生物圈。这就是说气候的形成和变化，不仅取决于大气内部的状态和行为。而且取决于与大气有明显相互作用的海洋、冰雪圈、陆地表面及生物圈等所组成的复杂系统的总体行为。正是各子系统内部以及彼此之间的各种物理、化学和生物过程的相互作用，决定了气候的长期平均状态以及各种空间和时间尺度的变化。

除气候的自然变率外，人类活动对气候的影响已引起越来越多的关注。例如，通过土地利用改变陆地表面和生物圈的特性，改变大气中的浓度和气溶胶含量而影响辐射特性以及污染物的直接影响等。人类活动不仅对局部地区式区域的气候产生影响，而且影响到全球气候。从时间尺度上看，有短期的和直到百年以上的影响。这正是当代全球气候变化研究的核心问题。

1.1 研究目标

当前全球气候变化研究的目标可简单概括为：预测由于人类活动诱发的增强温室效应所造成的未来全球气候的增暖，包括：确定全球增暖的幅度和出现的时间，确定全球背景下各个地区的气候将发生怎样的变化等。

全球气候变化的研究目标是十分宏伟而又艰巨的。

现在人们尚不能较好地预报月或季节气候

1993年3月28日收到修改稿

距平，至于年际气候变化只是对少数强信号过程（如ENSO）有所认识，对年代际变化的认识则更少。因此，即使要预测未来10年到几十年气候变化的趋势也是极其困难的，何况要区分哪些是气候的自然变化，哪些是人为因素引起的气候变化，这无疑是难上加难。

1.2 研究方法

观察研究、过程研究、模拟研究及它们之间的有机结合是气候研究的主要方法。

观测包括野外试验和长期定位观测。当务之急是改进全球大气与陆面观测系统，发展全球海洋与海冰观测系统，并与现有的观测系统相结合，建立综合的气候观测系统。这种观测系统既要遍及全球，又要包括气候系统的各个分量，同时还要建立相应的资料系统，改善国际间的资料交换。

目前气候变化预测和估计气候增暖中的许多不确定性大多来自对气候系统中一些关键过程认识的不足，特别是那些正的和负的反馈过程。通过对观测和野外试验资料的分析和理解，建立过程数学模式，并把这些研究引入气候模拟，对改进未来气候变化的预测具有重要意义。

气候模式不仅可以把所有的过程和复杂的相互作用有机地结合在一起，成为机制和过程研究的有力工具，而且可能是唯一的能定量预报未来气候变化和增强温室效应影响的有效工具。当前的任务是继续完善和发展大气-海洋-海冰耦合模式，增加空间分辨率，改进有关过程的参数化方案，改进耦合技术。同时建立和发展先进的地圈-生物圈模式，使小尺度的物理、化学和生物学之间的强非线性相互作用得以显示处理。随着未来更高级的巨型计算机的使用，这类模式将给出更可靠的增强温室效应引起的气候变化的预报结果。

1.3 主要科学问题

发生在大气、海洋、冰雪圈、陆地表面和生物圈中的许多相互作用过程对造成某种空间和时间尺度的气候变化都具有一定的作用，在这里不可能一一把它们列举出来。这里只能从造成预测增强温室效应引起未来气候变暖的不确定性的科学问题中选出几个最主要的问题加以说明。

（1）地球系统对温室气体的制约

温室气体的源汇及排放通量制约着大气中温室气体的浓度及其变化，从而影响温室效应的强度。目前关于生物地球化学循环的知识尚不充分，不足以定量说明温室气体在大气、海洋、生物圈与岩石圈之间的交换。另外，值得注意的是，归因于人类活动的几种主要温室气体的排放率只占大气、海洋、土壤与生态系统之间巨大储量和通量的一个很小的百分数。因此，后者相对小的变化就可能引起大气中的CO_2和CH_4浓度的显著变化。

（2）云和气溶胶对辐射作用的制约

太阳辐射是气候系统的一次能源。地气系统的辐射通量及其变化在相当大的程度上受到云的制约，云反射太阳短波辐射，又吸收长波辐射。在气候系统中云可能产生正反馈或负反馈，其净效果难于简单确定。有人估计，如果全球低云量增加2%，CO_2倍增的温室效应将被抵消。当前，增强温室效应模拟中最大的不确定性很可能来源于云的参数化问题，因为云的辐射效应不仅取决于云高、云厚和云的覆盖成数，还取决于云的微物理特性，包括云的含水量和云滴大小分布，冰云情况下还必须考虑质点的形状和取向。

火山爆发导致的平流层气溶胶增加可以引起显著的辐射强迫，它们可能在年到10年尺度上对气候产生冷却影响。近年发现，由于人类活动引起大气中硫化物增加，即使在对流层也可能是一种重要的冷却机制。目前，气候模式中尚没有考虑气溶胶的作用。气溶胶质点的增加可以增加或减少局地行星反射率，这取决于气溶胶粒子的吸收与后向散射的比率、地面反照率，总的气溶胶光学厚度和太阳高度角等因素。此外，气溶胶还影响云的辐射性质。再有，要定量描述气溶胶的源汇也不容易。例如，海水表层中浮游植物产生的硫酸二甲脂可以成为云中的凝结核，在全球增暖情况下，这种反馈的大小和符号都还不清楚。

（3）海洋的热量输送与循环

海洋通过其对热量的储存与输送对气候变

化具有至关重要的作用。气候系统的年际变率的大部分是与热带海洋相关联的，百年尺度以上的变率则与深海环流有关。在增强温室效应问题的研究中，海洋除了对大气中温室气体浓度有重要调控作用外，海洋还由于自身巨大的热容量和热惯性以及将部分热量向深层海水中输送和海洋环流的作用，它可能减小全球增暖的幅度并改变全球增暖的区域分布形式。因此增强温室效应的气候模拟和未来气候变化的预测必须用分辨率较高的大洋-大气环流耦合模式。目前，对海洋中的过程、特别是对深海环流的认识还是很不够的。

(4)全球水分循环

全球水分循环涉及到每个气候子系统，并参与其中的重要过程，大气中的水汽是一种重要的温室气体，而水汽的凝结是大气热能的主要能源。因此水汽输送是太阳能在大气内重新分布的关键过程，对大气环流起着重要作用。水分循环参与云的过程，其意义已如前述。高纬度淡水入海会影响海洋环流。南极和格陵兰陆冰的融化，以及山地冰川和小冰盖的融化是海平面增高的重要因素。雪盖范围的变化通过改变反射率影响地表温度，是气候系统中的一种重要的正反馈，这种反馈对于高纬度的气候变化具有重要意义。降水和蒸发影响土壤湿度和淡水资源，进而影响植物生长和人类活动。但现在的问题是我们甚至还不可能正确测定出全球的降水量或全球蒸发量，特别是海面上的值只能根据卫星观测粗略加以推断，而对其中一些具体过程的认识有待从野外试验中获得。

(5)生态系统过程

生态系统在参与全球的物质(如温室气体)、能量和水分循环中起着重要的作用，它本身又受着气候变化的严重影响。目前对其中各种反馈过程的定量了解是相当缺乏的，而在气候模式中如何正确表述这些过程更是一项艰巨的任务。

为了增进对上述科学问题的理解，尽量减小在增强温室效应评估和未来气候变化预测中的不确定性，许多国际组织都制定了相应的研究计划，大部分已经实施，有的正在积极筹备。总之，从观测、过程研究和数值模拟几个方面着手，经过全世界科学家的支持合作，预计在10年或更长一点时间内，可以对增强温室效应所诱发的的未来全球气候变化及其对人类的影响这样一个当代最迫切的环境问题给出一个科学的、较为准确的回答。

2 主要研究进展

2.1 温室气体排放及源汇研究

观测表明，自工业革命以来，主要由于人类活动的影响，大气中一些温室气体的浓度一直在增加。表1中给出受人类活动影响的主要温室气体浓度增长的情况。

2.1.1 二氧化碳

人类活动引起 CO_2 增加的主要因素是矿物燃料的燃烧和森林的毁坏。在过去10年中大气中 CO_2 的增加仅占其总排放量的48%，其余部分分别为海洋和陆地所吸收，大体各占1/2。大气中 CO_2 适应源汇的变化所需时为50－200年，这主要因为表层海水和深层海水之间 CO_2 的交换十分缓慢。它意味着今天排入大气中的 CO_2 会影响到未来几个世纪的 CO_2 浓度。据3个模式的预测，即使把人类活动引起的 CO_2 排放量保持在目前水平上，到2050年大气中 CO_2 浓度仍将增至415－480ppmV，到2100年将会达到400－500ppmV。

2.1.2 甲烷

人类活动，如稻田耕作、家畜饲养、生物体的燃烧以及煤矿开采和天燃气的排放，都大大增加了 CH_4 向大气中的排放。CH_4 的主要汇是大气中的氢氧根(OH)。OH自由基是对流层大气中最重要的氧化剂，它与大气中许多成分的氧化过程有关。现在关于甲烷源汇还没有完整定量的资料，最新的观测研究表明，全球稻田的甲烷排放可能比原有的估计值偏小。

2.1.3 氟氯烃

全部卤化物CFC和 CCL_4 都是工业化的产物，其唯一的汇是向平流层输送并在那里光化学分解。由于国际协议对氯氟烃的限制和管理，以后的排放水平会降低，但由于其存留时间较长，

至少到下个世纪它们在大气中的浓度仍会很明显。

表1　受人类活动影响的主要温室气体[1)]

温室气体	工业革命前大气中的浓度	1990年大气中浓度	当前大气中 浓度	当前大气中 年累积率(%)	在大气中的存留时间(a)[2)]
CO_2(ppmV)	280	353	1.8	0.5	50－200
CH_4(ppmV)	0.8	1.72	0.015	0.9	10
CFC－11(pptV)	0	280	9.5	4	65
CFC－11(pptV)	0	484	17	4	130
N_2O(ppbV)	288	310	0.8	0.25	150

1)引自国家社会发展司《全球气候变化及其对策》全球气候变化对策专家组研究报告。

2) CO_2 的存留时间为其浓度适应 CO_2 排放量变化所需时间，其余气体为在大气中的的含量与总清除的比。

2.1.4　氮氧化物

N_2O 和其它 NO_X 浓度的观测资料还不多，其浓度长期变化趋势尚待定论。大气中 N_2O 的增加与农田化肥用量增加有关。NO_X 与各种燃烧过程有关，石油和天然气用量的增加，以及汽车和摩托车的增加都可使大中 NO_X 浓度增加。

2.1.5　臭氧

有限观测资料证实北半球8km以下大气 O_3 正以每年大约1%的速度增加，但南半球未发现这种趋热。而平流层中的 O_3 大约减少了几个百分点。这些数据需要进一步的观测资料来证实，而变化的原因尚待进一步研究。

由于大气中温室气体浓度的增加，必将加剧自然的温室效应，从而使地球表面平均要产生一个额外的增暖。对各种温室气体在辐射强迫中的相对贡献，现在已有一个初步的估计。研究表明，最近10年的辐射强迫增加 CO_2 的贡献为56%，CH_4 为11%，N_2O 为6%，和CFC为24%；另外由于 CH_4 的增加，可能导致平流层中水汽的增加，预计其辐射强迫贡献为4%。

2.2　全球气候变化的观测事实。

(1)过去100年间全球平均地面气温已增加了0.3—0.6℃，全球平均最暖的5个年头都出现在80年代，最近10年中全球平均温度比过去100—140年里任何一个10年的全球平均温度都高。分析还表明北半球和南半球的情况有明显的不同，在40－70年代间北半球陆地气温曾有过较明显的降温。说明这种全球平均增暖，在时间上不是平稳的，在空间上不是全球均匀的。

(2)从19世纪后半期起，几乎世界各地的冰川都发生了大规模的、但不连续的后退，以1920－1960年之间冰川的后退率最大，最近几十年冰川在某些地方的后退减慢了。

(3)过去100年全球海平面升高了10－20m，这种上升可解释为大洋的热膨胀以及山地冰川和格陵兰陆冰边缘增加融化的结果。根据现有资料，还不可能对南极陆冰对海平面上升究竟起着正或负的作用作出判断。也没有确实的证据表明本世纪海平面在加速上升。

(4)观测资料表明一些地区发生了明显的区域变化。例如：非洲次撒哈拉地区夏季降水自1950年以来有很大的减少，前苏联在过一个世纪中降水出现了不断增加，美国从1950年起观测到云量有百分之几的稳定增加。关于气候的变率以及极端事件出现的频率，目前还没有足够的证据表明已发生了系统性的变化。

2.3　气候模式及其对增强温室效应的模拟

气候模式是根据基本的物理定律来确定气候系统各个分量性状的数学表达式。气候模式包括大气环流模式(AGCM)、大洋环流模式(OGCM)。大气-海洋(包括海水)耦合模式(CGCM)。为了模拟增强温室效应，目前正在发展碳循环模式和化学模式，并且把它们与OGCM相耦合进行试验，将发展物理-化学-生物过程相互作用的气候模式。模式验证的结果表明，几乎所有模式都能再现大尺度大气和海洋气

候特征，并能模拟出一些典型的大气、海洋和海气相互作用的大尺度现象。模拟结果还表明随着分辨率的提高和参数化的改进，模拟的误差有所减少。这显示了它们的潜力，表明气候模式可能成为唯一能定量的、而且是强有力的研究增强的温室效应引起气候变化的一种工具。

目前，世界上已有大约30个平衡响应的试验结果，尽管模式结果之间有不少的差异，特别是在区域分布型上差异甚大，但仍有许多结论是相当一致的。此外，有4个模式进行迁延响应试验并取得了结果。初步结果表明，模拟得到的全球增暖速率为0.3℃/10年，其增暖的大尺度地理分布与平衡响应结果大体也是一致的，但也存在着一些差别，例如迁延响应的模拟得出在北大西洋和南极附近的南大洋表现出增温减弱(和平衡响应比较)，甚至出现冷却。这种现象主要是温盐环流和深海对流等因素所引起的。另外，由于CO_2浓度是逐渐增加的，当达到CO_2加倍的浓度时，迁延响应算出的全球增暖大约只有平衡响应的60%左右。所有这些差别都证明了海洋过程在全球增暖问题中的重要性，即延迟全球增暖并可能改变气候变化的区域分布。

根据模式目前得到的结果，假如温室气体排放量继续增加，那么到2025年全球平均温度比现在将升高1℃，全球海平面将升高20cm，而到下世纪末则分别将升高3℃和65cm，从而使人类面临自有文明史以来最严重的气候变化，为此必须采取有效措施减少人类活动增加的温室气体排放量。

3 中国的全球气候变化研究

近年来，我国政府和广大科技工作者对全球气候变化的研究十分关注，“七五”期间在国家自然科学基金委、中国科学院、国家气象局、国家海洋局等单位的大力支持下，先后开展了“中国气候与海面变化及其趋势和影响的初步研究”，“长江、黄河旱涝规律、成因及预测研究”、“西太平洋海气相互作用及其对我国气候的影响研究”、“黑河地区地-气相互作用实验研究”。中国科学院还与美国能源部签订了“二氧化碳诱发的气候变化的研究”双边合作协定，共同从事全球气候变化的研究。“八五”期间已有数个重大项目分别列入了国家攻关计划，攀登计划和部委科技计划。如“全球气候变化的预测、影响和对策研究”，“气候动力学和气候预测理论”、“我国未来(20－50年)生存环境的变化趋势”，以及“灾害性气候及其我国农业年景和水资源的影响”等，并在下述几个方面取得了重大进展。

3.1 温室气体的排放、监测研究

陈泮勤和王明星[1]等分别对我国CO_2、CH_4、N_2O、CFC_s、和HaLon等的排放量进行了估算[1]，表2给出了初步研究结果。从表2可以看出，我国CO_2的排放量达619.76mtC，约占全球排放量的8.2%，CH_4的排放量约为26-36MT，约占全球排放量的4.7%－6.5%，N_2O排放量为0.25－0.32mtN，约占全球排放量的7.11%，CFC-11和CFC-12的年消费量分别为0.013Mt和0.01Mt，约占全球的4.68%和2.7%，Halon-1211和HaLon-1311消费量分别为0.0035Mt和0.00001Mt，分别为全球的32.5%和0.09%。

在温室气体的浓度观测方面也得到了一些有益的结果。王明星[1]等通过在民勤的观测发现[1]，中国西北CO_2的平均浓度为350ppm(1986)，年增长率为0.5%，比外国同纬度海岛站的观测结果略高，CFC-113，CFC-11和CFC-12的总浓度达0.7ppb(1986)，其年增长率分别为9.8%、0.5%和2.3%。CH_4的年平均浓度为1.74ppm(1986)，与国外同纬度的观测结果大致相同，年增长率为1.7%，比国外同纬度海岛站的结果略高。

此外，通过对四川乐山和浙江杭州稻田CH_4的观测，发现稻田甲烷有明显的月变化和季节变化，并对稻田甲烷的排放机制，控制因子提出了新的看法[2]。

3.2 我国气候变化的证据

竺可桢教授曾于70年代初根据大量的历史文献记载，系统地概括了我国东半部历史时期气

1) 王明星. 中国甲烷排放量及未来变化趋势。1991

表2　中国和全球温室气体的排放量比较[1)]

微量气体		中国		全球		中国/全球	
		1985	1988[1)]	1985	1988[1)]	1988[1)]	1985
CO_2 (MTC)	化石燃烧	490.0	591.08	5155	5670	9.51	10.4
	水泥生产	17.7	28.68	130	130	13.6	
	森林砍伐	−2.4		1729	1780		
	合计	505.3	619.76	7077	7580	7.14	8.2
CH_4 (MT)	稻田排放	24.0		109.4		21.94	
	反刍动物	7.5					
	煤	14.5					
	其他	2.75					
	合计	48.85	26.12−35.92	367	553	13.31	4.7−6.5
N_2O (MTN)	化肥	0.07	0.11	1.6		4.38	
	其他	0.25		2.9		8.62	
	合计	0.32	0.25−0.32	4.5		7.11	
CFCs (MT)	CFC−11		0.013		0.278		4.68
	CFC−12		0.01		0.364		2.7
HaL- (ML)-	1211		0.0035		0.0108		32.5
	1311		0.00001		0.0108		0.09

候变化的轮廓，对我国历史时期的气候变化作了开拓性研究。此后，古气候变化的研究得到了蓬勃发展。吴祥定等根据大量研究结果和他对树轮资料的研究将对我国过去气候的变化概括为5个时期：气候适宜期(公元前5千年至1千年)，新冰期(公元前1千年至公元6世纪)，小温暖期(7—11世纪)，现代小冰期(12—19世纪)和近代变暖期(20世纪)，

对器测时期我国的气候变化事实作了更详细的分析。研究表明，本世纪初，我国是冷期，之后气候逐步回升，并于1940—1944年间达到最暖；1945—1950年间迅速变冷，1955—1959年间达到最冷；60—70年代初属偏冷期，从70年代后期开始，气温逐步回升，但目前还未超过40年代的最高值，其总趋势与全球增暖大致相同。

在我国降水变化的长期趋势中，本世纪大致处于从18、19世纪较湿润的时期向比较干燥的时期的过渡期内。从全国看，本世纪头10年和50年代多雨，60年代干旱，70年代降水略有增加。

陈隆勋[2)]等研究了我国近40年气候变化的概貌，指出在近40年中，我国华北(含山东)，东北和西北的西部正在变暖、变干；西北东部的一些地区变冷、变湿；西南(西藏除外)和长江中下游略有变冷、变干；华南略为暖、干。

3.3　气候模式研究进展

以曾庆存为首的中国科学院大气物理所《大气和大洋环流模式设计》课题组和《气候数值模拟》课题组经过近10年的努力，设计出我国的大气-海洋耦合气候数值模式[3]。它包括一个2层大气环流模式。9层大气环流模式和一个4层海洋环流模式。目前，2层大气环流模式[3]已经建立，并通过了比较系统和严格的检验(包括与计算精度有关的基础试验和一些与模式性能有关的敏感性试验)，进行了气候平均状态、季节变化，低频振荡和遥相关的模拟。另一个分辨率较高，所使用的参数化技术更为先进的9层大气环流模式的安装工作正在进行之中。4层海洋环流模式是建立在完全的原始方程组的基础上的，它有别于当前国际上现有的其它几个大洋模式，其海表是自由面，高度是模式的预报量。

王会军[3)]用大气物理所的二层大气环流模

1)　引自国家气候变化协调小组第三工作组 1992.6

2)　全球气候变化及其对策，国家科委社会发展司，1990：102−112

3)　王会军　古气候及温室气体气候效应的模拟研究，1991博士论文。

式(IAP AGCM)对古气候进行了模拟，不仅验证了IAP AGCM模式，而且得到一些有意义的结果。研究表明，不论是18,000年前还是9,000年前，其气候与当代气候的差异在北半球均大于南半球(两半球间的"不对称性")，气候变化在陆地区域比海洋区域大，冰期夏季陆地比海洋更为干燥，降水陆地减少得较多，9,000年前陆地降水的变化大于海洋，东亚季风比现在强。9000年前的气温与现在气温之差为7月大于7月，呈现冬夏季间气温变化的"不对称性"。

王会军还将混合层海洋(60m)模式和热力学海水模式同IAP、AGCM耦合起来，模拟研究CO_2含量加倍引起的气候变化。结果如表3所示。

表3 IAP GCM对大气CO_2含量加倍诱发的气候变化的模拟结果

温室气体(CO_2)	地面气温(℃)	总云量(%)	降水率(mm/d)	海面气压(hpa)	上壤湿度(cm)	海冰面积(10^6km^2) 南半球	北半球	海表水温(℃)
$1CO_2$	11.28	58.16	2.39	1013.36	6.27	13.50	13.20	16.50
$2CO_2$	13.03	58.88	2.45	1013.17	6.28	11.95	10.85	17.73
$2CO_2-1CO_2$	1.75	2.45	0.06	-0.19	0.01	-1.55	-2.35	1.23

IAP AGCM的模拟结果表明，若CO_2加倍，全球地表温度将升高1.75℃，北半球增温幅度大于南半球，冬季增温幅度大，陆地增温大于海洋，对流上层增温大于地面(下层)，青藏高原和北半球中纬度是较大的增温区；全球平均降水将增加约2.5%，东亚季风将加强，降水变化呈带状分布，热带和中高纬区降水增多，而副热带地区降水将减少；从全球平均的角度看，CO_2倍增后土壤湿度变化不大，但区域性差异显著。就经向分布看，北半球中纬地区变干，高纬区变湿；从区域分布看，南美中部，非洲和亚洲季风区变湿，而北美洲大部地区，中国的华北和华东地区将变干。

对于CO_2加倍可能诱发的全球气候变化这一重大科学问题，通过我国的研究结果和世界其它国家的研究结果的分析认为可能下述几点预测有一定的参考价值。

(1)全球增暖将在冬季最显著，增温幅度陆地大于海洋，热带增温最小，季节差异也小，对流层上层增温幅度大于下层。

(2)热带和高纬地区的降水将增多，副热带地区降水减小或变化不大。

(3)北半球高纬地区土壤将变湿，而中纬地区土壤将变干。

(4)海冰的范围将缩小，厚度变薄。

3.4 气候变化的影响研究

我国在气候变化的影响研究方面比较薄弱，仅处于起步阶段。大多数研究停留在定性分析，只有少数研究涉及到给定条件下的定量估计。

(1)气候变化对农业的影响。

高素华等[1]根据OSU和NCAR模式给出的我国未来气候变化的预测，利用历史资料建立了气象-产量模式，估计由于CO_2诱发的气候变化对我国农业产量的影响。结果认为，由于CO_2诱发的气候变化将导致我国大部分地区粮食生产增加13%左右(西南和西北地区分别增产2.5%和25%)，但华南地区粮食产量将下降12.6%。尽管OSU和NCAR的大气环流模式对未来我国气候变化估计的可信度还是个问题(一般而言，当前的GCM还没有区域气候的预测能力)，但作为一种情景估计，仍有一定参考价值。

(2)气候变化对海洋平面的影响

"七五"期间在国家基金委和中国科学院的支持下就气候变化对海平面的影响进行了系统的研究。黄立人等[3]利用中国大陆上25万km精

1) 高素华等。未来30年气候对我国农业的可能影响，1991。

密水准复测资料建立了统一的均衡基准，得到我国过去几十年沿海海面总的趋势与全球海平面一样是缓慢上升的。平均升高速度为0.8mm/d，比全球平均上升速度小。但存在明显的南北差异。总体特征是北部海平面(以长江口为界)变化很小或略有下降，南部海面上升趋势明显，南海上升率最大。

研究表明，海平面上升将影响从辽宁至海岛的所有滨海地带。华北平原东部和长江三角洲可能是主要受害区，因为这些地带3—4m的高程占了很大面积，城市集中，人口稠密，如海水上升1—2m，则将造成海水倒灌，大量土地淹没，甚至饮水亦发生困难。

刘君哲等[2)]估计了2050年海面上升对天津的影响，认为若2050年温度升高4.2℃，由于海水热膨胀，冰雪溶化等导致的海面上升将加剧一年一遇的风暴潮对天津地区的影响，北戴河至大汙河之间沙滩将后退548—977m。尽管这一估计是在增暖4.2℃的前提下作出的，且在估计冰雪溶化等方面存在着不确定性，但作为一种情景仍有一定参考意义。

(3)对水资源的影响

刘春蓁[3)]研究了气候变暖对我国华北水资源的影响，对华北地区未来气候出现暖干和暖湿两种情景估计为：若华北地区未来出现暖湿气候，则水资源的情况没有显著变化。若呈现暖干气候，则水资源量将以大于降水变率的2.6倍锐减，这对本来就十分缺水的华北将是个严重威胁，务必引起高度重视。

此外，气候变化对生态系统，社会经济发展的影响的研究也有一些工作。

4 结束语

综上所述，全球气候变化的研究，特别是人类活动诱发的气候变化的研究，是国际科学界为揭开地球的"奥秘"，人类迎接全球环境问题的挑战所作出的最大努力。全球气候变化问题不仅涉及到地球的可居住性，涉及到全球环境战略，也涉及到世界各国的经济发展，因而引起了各国政府的高度重视。研究经费的投入正在急剧增长。据不完全统计，世界各国对此问题所投入的研究经费已逾数十亿美元。

我国是人类活动最为强烈的地区之一，在全球气候变化，特别是人类活动诱发的气候变化的研究中占有十分重要的地位。因此，应适当增加研究经费的投入，装备一批较为先进的仪器设备，大力开展全球气候变化的研究，把分散的研究有效地组织到一些有前景的，能出高水平成果的课题上去。当前特别要加强下述问题的研究。

(1)建立温室气体浓度监测网，加强温室气体的监测，源汇和排放机制的研究。

(2)进一步发展GCM，加强重要物理过程的研究，进一步消除或减小全球增暖估计中的不确定性。

(3)加强气候变化的影响研究，特别是对农业、水资源、海平面变化，生态环境和社会经济影响的研究。

参 考 文 献

1 Chen panqin, edited by K. Goebel. *International seminar on Nuclear war 1oth session : planetary Emergencies*. Singapore: world scientific publishing Co. Pte. Ltd; 1992: 260－267

2 王明星，叶笃正等主编。当代气候研究进展，北京：气象出版社，1991：262－292。

3 张学洪，袁重光，曾庆存，叶笃正等主编。当代气候研究进展。北京：气象出版社，1991：305－312

1) 黄立人等，均衡基准下近代中国沿海的海面变化，1991。

2) 刘君哲等，预计2050年的海平面上升对天津海岸的影响，1991。

3) 刘春蓁，关于气候变化对我国华北水资源影响的研究，1991。

Research and Development in the Fundamental Theories of Environmental Science in China. Tang Yongluan, Cao Junjian. (College of Earth and Environmental Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(4), 1993, pp. 2—9

This paper deals with the research and development in the fundamental theories of environmental science in China over the past two decades, covering the main theoretical grounds of atmospheric environmental science, aquatic environmental science, environmental ecology, and environmental management science. Environmental science in China has developed rapidly for the last 20 years. The studies on the transportation and diffusion of pollutants in the atmospheric and aquatic environments, based on the basic theories of environmental hydromechanics, are comparable to those in the world. Many basic conclusions, such as those on the conditions and mechanisms of forming photochemical smog and acid rain in the field of atmospheric environmental chemistry and those on the speciation of heavy metals and the mechanism of nitrogen and phosphorus transformation in the field of aquatic environmental science, have been achieved. But there remains an obvious gap as compared to those international studies in these two fields, especially the study on the basic thories of pollution organic chemistry which is still quite weak in China. Many research efforts have been made for environmental ecology on which a large number of data have been accumulated while further efforts should be directedto to some major ecological and environmental issues, such as the mechanisms on eutrophication and red tide formation. The greatest achievements have been seen in the environmental management science on which a China-specific research way in the light of the management practice in China was accepted by the 1992 United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) in Brazil. Many new environmental problems wich will emerge due to the varied physical environment and rapidly-developing economy in China will wait for the chinese environmental scientists to study their causes and pollution control.

Key words: environmental science, environmental managemental science, environment and development.

The Review and Prospect of the Environmental Planning in China. Guo Xiaomin. (National Environmental Protection Agency, Beijing 100035): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(4), 1993, pp. 10—15

The paper reviews the developing cource of the environmental planning in china and points out that the environmental planning is a new branch of discipline in China and has gone through the pregnancy and the exploration stege into the developing stege for 20 tears. During the Seventh-Five-Year Plan period, the environmental planning has been forging rapidly ahead and became an important part in the environmental science and management and played a guiding role in the environmental protection in China. The paper sums up the progresses in the environmental planning methodology and examplifies that the methodology for environmental planning becomes perfector and plentifuler and has formed a preliminarily complete system along with the rapid development of the environmental planning. Finaly, the paper prospects the developing trendency of the environmental planning and analysis the new feature of the environmental planning in China.

Key words: China, environmental planning, review and prospect.

Advances in the study of Global Climatic Change. Chen Panqin, Guo Yufu. (Bureau of Coordination Development for Nature and society, CAS): *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(4), 1993, pp. 16—23

Global climatic change is one of the "heat points" of the internationally scientific research at present. This paper briefly describes the objectives, methods, major scientific themes and advances home and abroad, and existing issues in the study of globle climatic change. It is pointed out that China is not only a part of globe, but also one of the intensive area of human activities. It plays an important role in the study of globle climatic change, especially the human-induced climatic change. Finally, it is suggested that study of global climatic change should be strengthened through the way of putting more funds into themes that are more prospectives and could obtain high-level achievement in order to make more contribution to the study of global climatic change.

Key words: global climatic change, greenhouse gas, greenhouse effect, climatic modle.

Development of Township Industries in China, Environmental Problems and Response strategy. Wang Jianmin. (Nanjing Research Institute of Environmental Sciences, NEPA 210042): *Chin. J. Environ. Sci.*, **14**(4), 1993, pp. 24—27

The paper deals with the development situation and characteristics of Township and Village Enterprises (TVEs), the polluti on sources and the environmental problems of the Township and Village Industrial Enterprises (TVEs) and the key points of a response strategy for TVEs environmental pollution. It discusses the orientation, ways, approaches and measures for the sustainable, steady, harmonious and health development of TVEs by taking into account the environmental concerns.

Key words: TVEs, environmental problems, pollution countermeasures.

Prospect and Application of Remote Sensing Technique in Environmental Protection. Guo Zhihuai. (Institute of Remote Sensing Application, Chinese Academy of Sciences): *Chin. J. Environ. Sci.*, pp. 28—33

This paper summerizes systematically the developmental course and the features of environmental remote sensing with the accomplishment having been made in China. Environmental remote sensing is a new technique in china, but it has been developing rapidly. In the past 13 years, it has already been applied in urban environmental monitoring, environmental planning and management, enviromental assessment, ecological environmental investigation and environmental developing pattern etc.. Agreat progress has been made in these fields. It can be predicted that we will face great challenge such as the problem of environment protection and economic development, globle environmental changes etc. in the 1990s. At the same time, the requirement for remote sensing science will increase rapidly, so it will have an extansive application prospect.

Key words: remote sensing technique, environmental remote sensing, application of environmental remote sensing.

A study on the Ultrafiltration Process for the Treatment and Recycle of printing Banknote Effluent. Wu Kaifen etal. (Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085): *Chin. J. Environ. Sci.*, pp. 34—36