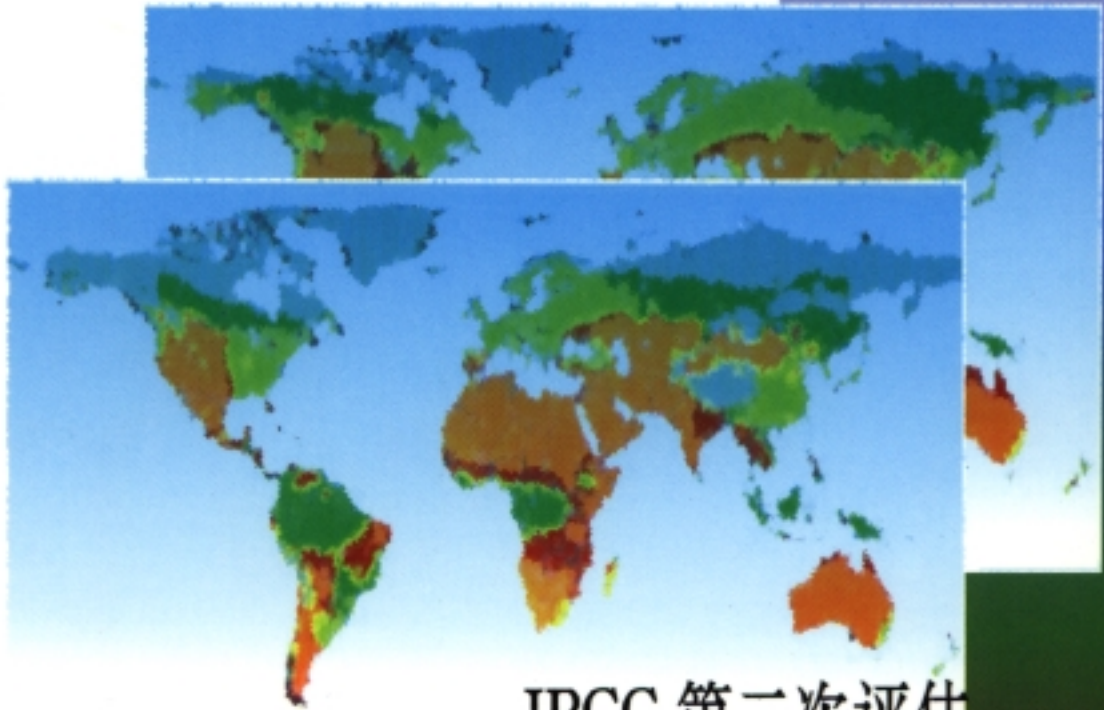




政府间气候变化专业委员会



IPCC 第二次评估  
气候变化 1995

政府间气候变化专业委员会报告





政府间气候变化专业委员会



# IPCC 第二次评估

---

## 气候变化 1995

政府间气候变化专业委员会报告



# 目 录

	页号
序 .....	v
前言 .....	vii
IPCC 第二次评估综述	
关于解释联合国气候变化框架公约第二条的科学技术信息 .....	1
1. 有关联合国气候变化框架公约第二条 .....	3
2. 人类对气候系统的干扰 .....	4
3. 敏感性和气候变化的适应系统 .....	6
4. 使大气中温室气体浓度稳定的分析方法 .....	8
5. 技术和政策方面的减缓措施 .....	11
6. 公平和社会考虑 .....	14
7. 以持续的方式进行的经济发展 .....	15
8. 前进的路 .....	17
决策者摘要：气候变化科学—IPCC 第一工作组 .....	19
1. 温室气体浓度继续增长 .....	21
2. 人为的气溶胶趋向产生负的辐射强迫 .....	21
3. 上世纪气候发生了变化 .....	22
4. 各种证据的对比表明了人类对全球气候有明显的影响 .....	22
5. 预计将来气候会继续变化 .....	22
6. 仍然有许多的不确定性 .....	23
决策者摘要： 气候变化影响、适应和减缓科学技术分析—IPCC 第二工作组 .....	25
1. 评估范围 .....	27
2. 问题性质 .....	27
3. 气候变化脆弱性 .....	27
3.1 陆地和水上生态系统 .....	29
3.2 水文和水资源管理 .....	30
3.3 粮食和纤维 .....	32
3.4 人类基础设施 .....	32
3.5 人类健康 .....	34
4. 减少温室气体的排放并增加汇的选择方案 .....	35
4.1 能源、工业过程和人类居住排放 .....	36
4.1.1 能源需求 .....	37
4.1.2 减缓工业过程和人类居住排放 .....	37
4.1.3 能源供应 .....	37
4.1.4 能源系统减缓选择方案的综合 .....	38
4.2 农业、草场和森林 .....	39
4.3 跨部门问题 .....	41
4.4 政策工具 .....	41
决策者摘要： 气候变化的经济和社会方面—IPCC 第三工作组 .....	43

## IPCC 第二次评估报告

1. 导论 .....	45
2. 评估范围 .....	45
3. 应付气候变化问题的决策框架 .....	46
4. 公平和社会考虑 .....	47
5. 时间性公平和贴现 .....	48
6. 成本与效益评估的适用性 .....	48
7. 人为气候变化的社会成本,减少温室气体排放和增加汇的效益 .....	49
8. 应对战略的一般性评估 .....	50
9. 应对措施的成本 .....	51
10. 综合评估 .....	54
11. 应付气候变化政策手段的经济评估 .....	54
附件:主要作者、作者和撰稿人 .....	56
IPCC 成果表 .....	64

## 序

政府间气候变化专业委员会(IPCC)是由世界气象组织和联合国环境计划署于1988年共同建立的,目的是:(1)评估已有的气候变化科学信息,(2)评估气候变化产生的环境和社会经济影响,(3)制定对策。IPCC第一次评估报告于1990年8月完成,并成为联合国气候变化框架公约谈判的基础。IPCC还完成了其1992年的补充报告和气候变化1994:气候变化的辐射强迫和IPCC IS92排放构想的评价,以推动公约的进程。

1992年,委员会调整了第二和第三工作组,分别负责评估影响与对策,和气候变化的社会经济方面。委员会承诺1995年完成第二次评估报告,不仅要更新第一次评估报告中相同题目范围的信息,还将包括有关气候变化社会经济领域的技术问题的新课题。我们对IPCC按计划完成第二次评估报告(SAR)表示赞赏。我们相信,象IPCC以前的报告一样,第二次评估报告将成为决策者,科学家和其他专家广泛使用的标准的工作参考书。

和IPCC以往一样,此报告的成功取决于世界上众多繁忙科学家的热情和合作。我们非常高兴地在此特别提到IPCC在保证发展中国家和经济转轨国家的科学家和专家参加IPCC的活动,特别是参与报告的撰写、审稿和修改方面作出的特殊努力。来自发达、发展中和经济转轨国家的科学家和专家们在这些需要脑力和体力、往往是超负荷的活动中作出慷慨的奉献。他们的政府支持了他们。如果没有这些自觉和专业的参与,IPCC将会陷入困境。我们向所有这些科学家和专家并向支持了他们的政府,为他们所作出的贡献表示衷心的感谢。

借此机会,我们向参与成功完成撰写IPCC报告的以下人员表示感谢:

- \* IPCC主席Bolin教授,感谢他对IPCC卓越的领导和娴熟的指导。
- \* IPCC副主席Yu. A. Izrael教授(俄罗斯联邦)和A. Al-Gain博士(沙特阿拉伯)。

世界气象组织秘书长  
G. O. P. 奥巴西

- \* 第一工作组联合主席L. G. Meira Filho博士(巴西)和John Houghton爵士(英国);该工作组副主席丁一汇博士(中国),H. Grassl博士和后来的D. Ehhalt教授(德国)和A. B. Diop博士(赛内加尔);
- \* 第二工作组联合主席R. T. Watson博士(美国)和M. C. Zinyowera博士(津巴布韦);该工作组副主席O. Canziani博士(阿根廷),M. Petit博士(法国),S. K. Sharma博士(印度),H. Tsukamoto先生(日本),P. Vellinga教授(荷兰),M. Beniston博士(瑞士),A. Hentati博士和后来的J. Friia博士(突尼斯),M. Perdomo女士(委内瑞拉);
- \* 第三工作组联合主席J. P. Bruce博士(加拿大)和Hoesung Lee博士(韩国);该工作组的副主席R. Odingo教授(肯尼亚)和T. Hanisch博士和后来的L. Lorentsen博士(挪威);
- \* IPCC主席团的区域代表,A. Adejokun博士(尼日利亚,代表非洲),H. Nasrallah博士(科威特,代表亚洲),Fajardo Moros博士(古巴,代表北美和加勒比),N. Sabogal博士和后来的K. Robertson(哥伦比亚,代表南美),J. Zillman博士(澳大利亚,代表西南太平洋),和M. Bautista Perez博士(西班牙,代表欧洲);
- \* 第一工作组技术支持组负责人B. Callander博士及其工作人员K. Maskell女士, J. A. Lakeman夫人和F. Mills夫人,以及提供了额外支持的N. Harris博士(欧洲臭氧研究协调小组,英国剑桥)和A. Kattenberg博士(荷兰皇家气象局);
- \* 第二工作组技术支持组负责人R. H. Moss博士及其临时或自愿工作人员,S. Agarwala先生, D. J. Dokken先生, S. Greco先生, D. Hagag女士, S. MacCracken女士, F. Ormond女士, M. Taylor女士, A. Tenney女士和L. Van Wie女士;
- \* 第三工作组技术支持组负责人E. Haites博士及其工作人员,L. Lawson女士和V. Dreja女士。
- \* 还有IPCC秘书N. Sundararaman博士及IPCC秘书处的工作人员:已故的S. Tewungwa先生, R. Bourgeois夫人, C. Etori女士和C. Tanikie女士。

联合国环境署执行干事  
E. 多德斯威尔女士





## 前 言

1995年12月,IPCC完成了第二次评估报告(SAR),报告由四部分组成:

- \* 解释联合国气候变化框架公约第二条的有关科学技术信息的IPCC第二次综合评估报告;
- \* IPCC第一工作组报告:气候变化的科学,及其决策者摘要(SPM);
- \* IPCC第二工作组报告:气候变化影响、适应和减缓科学技术分析,及其决策者摘要;
- \* IPCC第三工作组报告:气候变化的经济和社会方面,及其决策者摘要。

IPCC第二次综合评估报告和三个工作组的决策者摘要构成了IPCC报告(1995)。报告的合订本用6种文字出版,即:阿拉伯文、中文、英文、法文、俄文和西班牙文。各工作组报告及其决策者摘要仅有英文版本,分别单独商务出版。

借此机会,我们告知读者IPCC是如何进行评估的,因为对这个问题有许多误传和误解。

1. 最初由委员会决定其各工作组报告的内容,将其分成章节。3—6名(有时会更加多些)专家组成撰写小组起草第一章的初稿,并负责后来的修改工作。要求各国政府、政府间和非政府间组织提名有合适专长的人供考虑吸收参加撰写小组。同时提供其发表文献记录及有关情况。由有关工作组的主席团(即工作组的联合主席和副主席)将名单汇集并从中选出撰写小组成员。IPCC要求每个撰写小组至少应有一名成员来自发展中世界。

2. 每个报告需附有决策者摘要(SPM),摘要应反映各对主题问题的最新认识,并采用非专业人员易懂的撰写手法。在评估过程中,如果在那些不同的但在科学上和技术上有依据的观点不能达成一致意见的话,应在报告和决策者摘要中把这些观点反映出来。

3. 撰写小组起草各章节以及纳入决策者摘要的素材。初稿的撰写是依据在有同行专家评审的杂志上发表的

文献和专业组织,如:国际科学理事会,世界气象组织,联合国环境计划署,世界卫生组织和联合国粮食和农业组织出版的报告。有时,IPCC举办专题讨论会以收集用其它方式不易得到的信息。采用这一做法的目的尤其是鼓励收集发展中国家信息和在发展中国家收集信息。

4. 每一章节的初稿分送世界上的数十位专家进行专家评审。审稿人也是从政府和国际组织的提名中挑选出来的。审稿规定的时间为6周。根据收到的意见修改后的初稿件送由政府和国际组织进行技术评审。此次(第二次)审稿规定的时间也是6周。在某些情况下,当时间因素不允许分先后审稿时,专家评审和政府评审可以同时进行。

5. 根据收到的政府和国际组织的意见进行第二次修改。然后在即将审议该稿的工作组会议召开的前一个月送交政府(和国际组织)。工作组将逐行地批准决策者摘要并通过(accept)原报告章节;两者共同构成工作组的报告。让工作组批准其长达200页或更长的报告是不切实际的。此处,通过(acceptance)一词的意思是:原报告各章节和决策者摘要是相互一致的。

6. 在工作组批准决策者摘要时,选自发展和发达世界的撰写小组的部分成员要在场,会上经他们同意对决策者摘要的内容进行修改。

7. 工作组报告(及其通过的决策者摘要)在即将对它进行审议和通过的那次IPCC届会前一个月送交政府和组织。

8. 读者也许注意到:IPCC是一个政府间科学技术机构。所有为联合国成员国和世界气象组织会员的国家都是IPCC及其工作组成员。这样,政府批准如前所述由专家撰写和修改的决策者摘要并通过原报告各章节。

IPCC第二次综合评估报告由IPCC主席主持的起草小

组执笔。它经过了专家和政府的同时审稿,在IPCC在第十一次全会上(罗马,1995年12月11—15日)逐行通过。

我们重申IPCC及其三个工作组的报告包含了气候变化问题的事实依据,是从专家现有的文献中收集的,并由专家和政府进行了细审,一共有2000多位各国的专家参与了报告的起草和评审。各国政府因其科学和技

IPCC 秘书  
N. 桑德拉拉曼

术内容批准/通过了报告。报告的终稿由从世界范围选出的专家撰写并由出席全会的政府通过。

我们还要借此机会对IPCC秘书处失去一名受尊重的成员表示哀悼。Samuel Tewungwa先生1996年1月去世,他受UNEP派遣前来秘书处工作。人们深深并将永远怀念他的乐观幽默和对工作尽职尽责的精神。

IPCC 主席  
B. 波林

---

IPCC 第二次评估综述：  
关于解释联合国气候变化  
框架公约第二条的科学技术信息

---



## 有关联合国气候变化框架公约第二条

# 1

1.1 根据世界气象组织执行理事会的一项决议(1992年7月),IPCC 决定在其工作计划中列入对实现第二条(联合国气候变化框架公约目标)的方法进行检查。1994年10月,IPCC 应巴西政府的邀请在巴西福特利萨就此议题召开了一次研讨会。随后,IPCC 主席组织了一批主要作者(名单见本报告最后的附件),写出综述报告草案,并提交给专家和各国政府进行审议和评论。综述报告的最后文本在 IPCC 第十一次会议(1995年12月11—15日,罗马)上逐条通过,来自116个国家、13个政府间机构和25个非政府组织的代表参加了此次会议。值得指出的是,所有世界气象组织和联合国的会员都是 IPCC 的成员,可以参加 IPCC 及其各工作组的会议。本综述报告根据相应的 IPCC 第二次评估报告阐述了与联合国气候变化框架公约(UNFCCC)第二条有关的科技问题。鉴于本综述并非是 IPCC 第二次评估报告的一个简单总结,作为对第二次评估报告的总结,还应参考 IPCC 三个工作组的决策者摘要。

1.2 在过去的几十年中,两个能够反映人与地球气候之间关系的重要因素已变得很明确。第一,包括燃烧化石燃料、土地使用的变化和农业在内的人类活动引起了大气中温室气体浓度(它趋于使大气变暖)和某些地区气溶胶(悬浮于空气中的微粒,可致使大气变冷)的增加。这些温室气体和气溶胶的增加会改变区域和全球的气候和与气候有关的参数,如温度,降水,土壤水分和海平面。第二,一些人类群体对于因江河流域和沿海平原等敏感地区人口密度的增加而产生的灾害,如风暴,洪水和干旱已变得更为脆弱<sup>①</sup>。已经确定了可能发生的严重变化,包括在某些地区出现更多的极端高温事件、洪水和干旱,其结果会引起火灾,虫害和包括初级生产力在内的生态系统组成、结构和功能的变化。

1.3 IPCC 对气候变化及其影响进行了科技评估。1990年发表的第一次评估报告为1992年在里约首脑会议上开始签署的联合国气候变化框架公约提供了科技依据。

1.4 如第二条所示,气候变化框架公约的最终目标为:

“...将大气中温室气体浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上。这一水平应当在足以使生态系统能够自然地适应气候变化、确保粮食生产免受威胁并使经济发展能够可持续地进行的时间范围内实现。”

1.5 第二条对决策者提出的挑战是确定什么样的温室气体浓度可被视为“人类对气候系统的危险干扰”,以及为经济的持续发展作出未来的蓝图。本综述报告的目的是提供用于解决这些挑战的科学、技术、社会、经济信息。本综述报告以 IPCC 各工作组1994年和1995年报告为基础。

1.6 本综述报告是根据第二条中所述问题编写的。它首先简要总结了气候变化的程度—人类活动对气候系统干扰的程度,它是由于人类活动而预测要出现的。然后,继续强调我们所了解的生态系统和人类群体对可能发生的气候变化的脆弱性,特别是对农业和粮食生产及其它对持续发展有重要意义的因素,如水供应、健康和海平面上升的影响。IPCC 的任务是为决策者提供坚实的科学基础,以使决策者能更好地解释人类对气候系统造成的危险干扰。

1.7 考虑到目前大部分温室气体排放呈增加的趋势,这些气体在大气中的浓度在下一个世纪及其以后还将继续上升。随着大气中温室气体浓度的增加,对气候干扰的程度及气候变化可能产生的不利(危险)影响也会加大。因此,在净排放方面未来要采取的措施已考虑到它会导致在不同水平上的稳定和它们意味着的一般限制。这一问题的审议构成了本报告的下一部分,并后附一个有关减少排放,加大温室气体汇的技术和政策选择的总结。

1.8 本报告然后讨论了关于平等和确保经济持续发展的问题。这涉及到对气候变化可能产生的损失的估测,以及适应及减轻这些影响的成本和效益。最后,根据现有的研究,指出了应采取的一些初始行动(参见“前进的路”一节)以“防止人类对气候系统产生的危险

<sup>①</sup> 脆弱性指气候变化可能破坏或伤害一个系统的程度。它不仅取决于一系统的敏感性,也取决于其适应新的气候条件的能力。

干扰”，尽管在目前还难以确定大气浓度的指标，包括时间框架的考虑。

1.9 气候变化给决策者带来了一系列需研究的棘手的复杂问题：该问题的内在复杂性中仍然存在大量的不确定性；可能产生的不可逆转的损失或费用；非常长的计划尺度；排放和影响之间长时间的滞后，较大的地区性因果差异，一个不能分割的全球问题；以及要考虑的温室气体和气溶胶。另外一个复杂问题是对气候系统的有效保护要在收入水平、灵活性、以及对未来寄予的希望存在巨大差异的情况下进行国际合作，这就提出了一个效率和国内、国际以及几代人之间平等的问题，平等是使决策合法化和促进国际合作的重要因素。

1.10 有关气候变化框架公约第二条的决定涉及三个有区分但又互相关联的选择：稳定程度、净排放路径和减轻技术和政策。本报告为这三个选择提供科技信息，还表明了这种信息中的某些不确定性。气候变化框架公约第三条确定了可指导有关最终达到公约第二条的

目标的决策的一系列原则。第3.3<sup>①</sup>条为那些还缺少充分科学确定性的方面进行决策，即各方应当：

“采取预防措施来预测、防止或尽量减少引起气候变化的原因，并缓解其不利影响。当存在造成严重或不可逆转的损害的威胁时，不应当以科学上没充分的确定性为理由推迟采取这类措施，同时考虑到应付气候变化的政策和措施应当讲究成本效益，确保以尽可能最低的费用获得全球效益。为此，这种政策和措施应当考虑到不同的社会经济情况，并且应当具有全面性，包括所有有关的温室气体的源、汇和储存以及适应措施，并涵盖所有经济部门，应付气候变化的努力可由有关的缔约方合作进行。

IPCC 的第二次评估报告也提供了这些方面的信息。

1.11 气候系统所涉及的长时间尺度（如温室气体在大气中的长驻留时间）、基本结构替换时间的较长尺度以及温室气体稳定和平均海平面温度稳定之间有几十年至几个世纪的时滞都说明了及时做出决策的重要性。

## 人类对气候系统的干扰

## 2

### 到迄今为止的干扰

2.1 为了了解什么构成的温室气体浓度会不对气候系统产生危险的干扰，首先应了解目前大气中温室气体的浓度和趋势及其对气候系统的影响（现在的和预测的）。

2.2 温室气体，如二氧化碳（CO<sub>2</sub>），甲烷（CH<sub>4</sub>）和一氧化二氮（N<sub>2</sub>O），在大气中的浓度自工业化时代（公元1750年以来）已有了很大的增加：CO<sub>2</sub> 约从280增至360ppmv<sup>②</sup>，CH<sub>4</sub> 从700增至1720ppbv，N<sub>2</sub>O 从275增至310ppbv。这种趋势在很大程度上是由于人类活动，主要是化石燃料的使用、土地使用的变化和农业造成的。其他人类产生的温室气体的浓度也在增加。平均来说，温室气体浓度的增加导致了大气和地球表面的变暖。许多温室气体可在大气中长时间驻留并影响气候。

2.3 因燃烧化石燃料、生物质和其它来源产生的对流层气溶胶已经导致了负直接强迫，同时也可能产生同样大小的负间接强迫。尽管负强迫集中在某些区域和次大陆地区，它可对气候类型产生大陆到半球尺度的影响。从局地角度来讲，气溶胶强迫可以大到抵消温室气体产生的正强迫。与长寿命的温室气体相反，人类产生的气溶胶在大气中的寿命很短，因而其辐射强迫会适应排放的升降做出迅速调整。

2.4 自19世纪末以来，全球平均地面温度上升了0.3至0.6°C，这一变化不可能完全是自然产生的。从全球地表平均温度的变化和大气温度的地理、季节和垂直

<sup>①</sup> 科威特表示反对只引用第三条的3.3，认为应引用整个第三条。

<sup>②</sup> ppmv 是 parts per million by volume 的缩写；ppbv 是 parts per billion (1000 million) by volume 的缩写。这里所采用的是1992年的值。

事实的综合平衡说明了人对全球气候的明显影响。在包括长期自然变化的大小和分布类型的关键因子中,还有不确定性。在过去的100年中,全球海平面上升了10至25厘米,这种上升很大程度上与全球平均气温的上升有关。

2.5 尚无充足的资料能确定全球一致的气候变率或天气极值在20世纪的变化已经出现。在地区规模上,存在某些天气极值和气候变率指标有变化的明显证据。这些变化中有一些变率会继续加大,而另外一些则会变小。但是,至今尚不可能在这些区域变化和人类活动之间实实在在地建立起一明显的联系。

### 未来干扰可能产生的后果

2.6 在没有减轻政策或能够减少排放和加大汇的重大技术进步的情况下,在下一世纪温室气体和气溶胶的浓度将上升。IPCC根据有关人口、经济增长、土地利用、技术变化、能源情况和燃料的混合使用等假设,为1990年至2100年<sup>①</sup>做出了一系列的有关温室气体和气溶胶前体物排放的构想,即IS92 a-f。根据这些构想,到2100年,二氧化碳的排放预计为从每年6GtC<sup>②</sup>左右(大致相当于现在的排放量)到每年36GtC,这是根据IPCC对到2100的人口和经济发展的低值计算的。甲烷的排放预计为每年540至1170Tg<sup>③</sup>CH<sub>4</sub>(1990年排放为500TgCH<sub>4</sub>);一氧化二氮的排放预计为每年14至19TgN(1990年排放约为13TgN)。在各种构想下,在1990年至2100年的模拟期间内,温室气体在大气中的浓度和总辐射强迫将继续上升。

2.7 就IPCC的中等排放构想IS92a而言,采用气候敏感性<sup>④</sup>的“最佳估测”值,并将今后气溶胶浓度增长的作用考虑在内,一些模式预测:相对于1990年,2100年的全球平均温度将上升2°C左右。这一估测值比1990年的最佳估测值低三分之一。这主要是因为低排放构想(特别是CO<sub>2</sub>和CFC)、考虑了硫酸盐气溶胶的冷却作用和模式中碳循环处理的改进。将IPCC最低的排放构想(IS92c)与气候敏感性的“低”值结合在一起,并考虑今后气溶胶浓度变化所产生的影响,可推算出到2100年预计温度会上升1°C。如与气候敏感性的“高”值相结合,IPCC最高构想(IS92e)的相应预测为变暖3.5°C。在各种构想下,变暖的平均程度要大于过去一万年中所发生的,但是实际一年至十年的变化将含相当大的自然变率。区域性温度的变化会与全球平均值有

很大的不同。由于海洋的热惯性,到2100年时,只有50—90%的最终平衡温度变化得以实现,而且到2100年以后温度将继续上升,即使温室气体的浓度到那时已被稳定住。

2.8 由于海洋的热膨胀和冰川及冰原的融化,平均海平面预计会上升。根据IS92a构想,采用气候敏感性和冰融对于变暖的敏感性的“最佳估测”,并考虑今后气溶胶浓度变化的影响,模式预测从现在到2100年海平面上升约50厘米。这一估测值是根据较低温度预测的,比1990年的“最佳估测”值约低25%,但也反映了气候和冰融模式已有了改进。将最低的排放构想(IS92c)与“低”的气候和冰融敏感性相结合,并考虑气溶胶的影响,得出从现在到2100年海平面将上升约15厘米。最高排放构想(IS92e)加上气候和冰融敏感性的“高”值,得出从现在到2100年海平面会上升95厘米。在2100年以后的数个世纪内,海平面会以同样的速度继续上升,即使温室气体的浓度到那时已被稳定住,而且这种上升在全球平均温度稳定以后还会继续。区域性海平面的变化由于陆地运动和洋流的变化而与全球平均值可能有差异。

2.9 海气耦合气候模式对半球至洲际尺度的预测比对区域的预测信心要高一些,而对后者的信心也仍然是低的。对温度预测的信心要比对水文变化的预测要强。

2.10 所有模式的模拟,无论其强迫是温室气体和气溶胶浓度的增加所致,还是单一的温室气体浓度增加所致,都显示了下列特点:在冬天,陆地表面的变暖要比海面大;在冬天,北部高纬度的地面变得最暖,在夏季北极地表面几乎没有变暖;全球平均水循环加强,在冬季高纬度地区的降水和土壤水分增加。所有这些变化伴随着可辨认的物理机制。

2.11 温度升高会导致更有活力的水循环;这导致一些地区更加严重的干旱和/或洪水而在另一些地区旱涝会减轻。数个模式都表明降水强度增加,意味着会出现更极端的降水事件。目前的知识尚不足以确定强风

① 见IPCC第二工作组决策者摘要之表1。

② 将GtC(10亿吨碳)转换成二氧化碳质量,GtC乘以3.67。

③ Tg相当于10<sup>18</sup>克。

④ 在IPCC报告中,气候敏感性通常是指在相当于二氧化碳浓度倍增后全球平均地面温度的长期(平衡)变化。一般来讲,它指的是一个单位辐射强迫以后地面气温的平衡变化。

暴如热带气旋的发生或地理分布是否会有变化。

2.12 目前有许多不确定性和许多因素限制了我们预测和检测气候变化的能力。未来难以预见的大而迅速的气候系统的变化(如过去已发生的那样),从其本性来讲是难以预测的。这意味着未来的气候变化可能“出

人意料”,特别是它们会因气候系统的非线性性质而引起。当迅速受强迫时,非线性系统特别容易产生无法预测的行为。可以通过研究非线性过程和气候系统的各部分以取得进展。这类非线性行为的例子包括北大西洋迅速的环流变化和与地球生态系统变化相联系的反馈。

## 敏感性和气候变化的适应系统

# 3

3.1 本节提供科学技术信息,以用于评估是否可预测的可能影响会象第二条中提及的对气候系统构成危险的人类干扰和用于评估适应措施。但是,尚不能将具体的影响与具体的温室气体在大气中的浓度相联系。

3.2 人类健康、陆地和水生生态系统和社会经济系统(如农业、林业、渔业和水资源)对人类的发展和生活是至关重要的,它们对于气候变化的程度和速度也都是敏感的。很多地区会经受气候变化的不利影响—有一些是不可逆转的,而有一些气候变化的影响会是有利的。因此,社会的各个不同部分会遇到不同的变化,而且适应气候变化的需求也不一样。

3.3 人类引起的气候变化代表了一种重要的附加压力,特别是对许多已经受到污染的生态和社会经济系统,要增加资源需求和非持续性管理措施。人类健康和社会经济系统的脆弱性和在比较小的程度上的生态系统的脆弱性取决于经济情况和机构的基本状况。这意味着发展中国家的这些系统更脆弱,因为他们的经济和体制情况不太好。

3.4 尽管我们的知识在过去的十年中有了很大的增加,而且可以进行定性的估测。但是,还是难以定量化预测出气候变化对任何地点任何特定系统的影响。因为地区尺度的气候变化预测是不确定的,我们目前对许多关键过程的了解是有限的;各系统受气候和非气候多种应力的影响,其相互作用不总是线性的或可加的;而且几乎没有哪项研究考虑了对稳步增长的温室气体浓度的动态反应或者超出相当于二氧化碳倍增的增长的影响。

3.5 在今后几十年中,明确地检测出在大部分生态和

社会系统中气候引起的变化会是极为困难的。这是因为这些系统的复杂性,它们的许多非线性反馈及其对众多同时继续发生变化的气候和非气候因子的敏感性。当今后的气候超出经验知识(即文献所记载的过去的气候变化影响)的范畴时,实际结果更可能出现令人吃惊的地方和未预测到的迅速变化。

### 系统的敏感性

#### 陆地和水生生态系统

3.6 生态系统容括了地球上多种基因和物种的整个储存库,并提供许多产品和服务,包括 i) 提供食物、纤维、医药和能源; ii) 处理和存储碳和其它营养物; iii) 消化废弃物、净化水,控制水的径流和控制洪水、土壤衰退和海滩侵蚀; 和 iv) 为游乐和旅游提供机会。许多生态系统(如森林、草场、沙漠、山系、湖泊、湿地和海洋)的构成和地理分布会因为某一物种对气候变化作出反应而变迁;生物多样性和生态系统为社会提供的产品和服务可能会相应地减少。有些生态系统在气候达到新的平衡后的几个世纪中也不可能达到新的平衡。这一小节注明了气候变化对一些生态系统的影响。

3.7 森林:模式预测,考虑到在相当于二氧化碳倍增<sup>①</sup>的平衡条件下温度和水的可获得性可能发生变化所产生的影响,世界现有林地面积的相当一部分(全球平均的三分之一,各地区从七分之一至三分之二不等)将在阔叶植被类型方面发生重大的变化,最大的变化发生在高纬地区,热带地区的变化最小。预计气候变化的速度要快于林木种类的生长、更新和重建速度。因此,林

<sup>①</sup> 见 4.17 段对“等效二氧化碳”的描述。



木种类的构成也可能发生变化,整个森林类型会消失,而新的林木组合和相应的新的生态系统会建立起来。从一种森林类型向另外一种森林类型过渡的过程会向大气中释放大量的碳,因为在大量森林死亡的情况下碳流失的速率会比从生长到成熟获得碳的速率要快。

3.8 沙漠和沙漠化:沙漠会变的更极端,除极少数例外,预计它们会变得更热但并不变得很湿。升温会对那些生活在接近其热忍耐极限的生物造成威胁。如果环境变得更干,而且土壤因侵蚀和压实进一步恶化,那么包括气候变化和人类活动的各种因素在内的干旱、半干旱地区和干性半湿润地区中的沙漠化和土地衰退就更会变得不可逆转。

3.9 山地生态系统:据预测,植被的高度分布会移向更高的地带;一些气候适应范围仅限于山顶的物种会由于栖息地的消失或迁移可能性的降低而绝种。

3.10 水生生态系统和沿海生态系统:在湖泊和河流,变暖对高纬度会产生最大的生物学影响,因为那里的生物生产能力会增加;变暖对冷水或凉水物种领域的低纬边界也有最大的生物学影响,在那里这种情况会最严重。湿地的地理分布会随着温度和降水的变化而迁移。沿海生态系统从经济和生态角度来讲是重要的,据预测,其对气候和海平面变化的反应相当不同。有些沿海生态系统处于特别危险的状态,这其中包括咸水沼泽、红树林生态系统、沿海湿地、沙滩、珊瑚礁、珊瑚岛和河流三角洲等。这些生态系统的变化对旅游业、淡水供应、渔业和生物多样性有重大的负影响。

#### 水文和水资源管理

3.11 模式预测,在今后几百年中,现有的山地冰川中有三分之一或一半的冰川质量会消失。冰川范围和雪盖厚度的缩小也会影响河流水流量的季节分配和水力发电及农业用水。预测的水文变化和永久冻土面积和厚度的减小会导致基础结构大规模的破坏,二氧化碳进入大气中的通量增加,以及甲烷流向大气的过程发生变化。

3.12 气候变化将会导致全球水循环的加剧,并会对区域性水资源产生重大影响。降水总量及其频率和强度的变化会直接影响径流的大小和出现时间以及洪水和干旱的强度。但是,现在还不能确定具体的区域影

响。温度和降水比较小的变化,加之对蒸散和土壤水分的非线性影响可以导致比较大的径流变化,特别是在干旱和半干旱地区。水供应的质量和数量早已成为包括一些低洼的沿海地区、三角洲和小岛在内的许多地区的当前问题,已使这些地区的许多国家更加难以承受当地供水的进一步减少。

#### 农业和林业

3.13 由于气候变化而发生的作物产量和生产力的变化会因地区和地点不同而有很大差异。据预测,某些地区的生产力会上升,而其它地区,特别是热带和亚热带,则会下降。现有的研究说明,总的来讲,在相当于二氧化碳倍增的平衡条件下预测气候发生变化时,全球农业生产可以保持其基本产量。这一结论考虑了二氧化碳的增肥效果的有利一面,但没有考虑农业害虫的变化和气候变率变化的可能影响。然而,集中关注全球农业生产并不能说明各局地 and 区域尺度之间大差异所可能产生的严重后果,甚至在中纬度地区亦是如此。在某些地方,可能会出现更多的饥荒。世界上许多最穷的人口,特别是居住在亚热带和热带地区和那些依赖干旱和半干旱地区孤立农业系统的人是最容易受到饥荒的威胁。下一个世纪的木材供应由于气候和非气候因素会越来越不能满足预计的消费。

#### 人类的基础设施

3.14 很明显,气候变化会使一些沿海人群更易蒙受洪水和土壤侵蚀之害。据估计,目前每年约有4800万人受到风暴潮引起的洪水威胁。在未采取相应措施并不考虑人口增长因素的情况下,50厘米的海平面上升可使上述人数达到9200万,1米的海平面上升可以使这一数字达到11800万。采用预测1米上升的研究表明小岛屿和三角洲地带特别危险。这一上升是IPCC第一工作组为2100年作的最高估计值;但应注意,实际上,海平面在2100年以后的几个世纪里会继续上升。据估计,在目前的保护系统下,乌拉圭会因此损失0.05%的土地,埃及损失1.0%,荷兰损失6%,孟加拉国损失17.5%,马绍尔群岛的马朱罗环礁损失80%。一些小岛屿国家和其它国家将遇到更大的危害,因为他们现在的海上和沿海防御系统不是很扎实的。人口密度高的那些国家更易受害。风暴潮和洪水会威胁整个文化。对于这些国家,海平面上升会迫使人口的国内或国际迁移。

## 人类健康

3.15 气候变化可能对人类健康产生广泛而且大多不利的影响,造成大量死亡。对健康的直接影响包括由于预计的热浪强度和持续时间的增长而导致的疾病(主要是对心脏呼吸系统)或死亡。寒冷地区的增温能减少与寒冷有关的死亡。但是气候变化的间接影响将是主要的,包括由于带菌生物体的地理范围及季节扩展而造成传染病传播的可能性(例如:疟疾、登革热、黄热病、以及一些病毒性脑炎)。有些模式(使用了必要的简化假设)指出,增温3—5℃(IPCC 预测到2100年将增温1—3.5℃)可导致疟疾增多(在目前全球估计5亿病例的基础上,每年会增加5—8千万病例),主要发生在热带和副热带,以及缺乏保护的温带地区人口。一些非媒介携带传染病,如沙门菌病、霍乱和梨形鞭毛虫病,也会因升温和洪水增多而出现。淡水和营养食品的匮乏,以及空气污染的加重也将对人类健康产生影响。

3.16 但定量给出这一预计影响是困难的,因为气候引起的健康问题取决于无数表征特定人口脆弱性的相辅相成的因素,包括环境和社会经济情况、营养和免疫状况、人口密度、以及是否能获得良好的卫生保健服务。因此,拥有不同自然、技术、社会资源水平的人们对气候引起的健康影响的脆弱性是不同的。

## 为适应可能选择的技术和政策

3.17 技术的发展一般来说为管理系统增加了适应对策的选择。淡水资源的适应对策包括更有效地管理现有的资源和基础设施;从机构上安排来减少未来的需求/促进节约;改善洪涝/干旱的监测预报系统;修复积水区(特别是在热带地区);建设新的水库库容。在农业适应对策方面,如改变谷物种类及多样性,改进水管理及灌溉系统,改变播种时间和耕种方法,将有助于限制气候变化带来的负作用,而充分利用其有利的一面。有效的沿海地区管理和土地使用规划可以帮助人口直接迁离易受危害的地区,如洪水平原、陡峭的山坡和地势低洼的海岸线。减少对健康影响的适应对策包括保护性技术(例如:房屋建设、空调、水的净化以及接种疫苗)、防灾和恰当的保健。

3.18 但是,世界上的很多地区现在还不能够获得这些技术和信息。对一些岛国来说,投资资金的短缺和所需的高额费用,使提供足够保护一事成为不可能。高效和节约成本地利用这些适应对策取决于财政资源、技术转让,以及文化、教育、管理、组织、法律和习惯做法等各个方面,包括国内和国际两方面的问题。把对气候变化的关注与资源利用及发展决策和对基础设施的常规计划投资规划相结合,将促进这一适应。

## 使大气中温室气体浓度稳定的分析方法

# 4

4.1 联合国气候变化框架条约第二条明确提出了“实现温室气体浓度稳定”。本小节提供了各种温室气体对气候强迫的相对重要性,并讨论了如何调节温室气体的排放以取得在某一选定的大气浓度水平上的稳定。

4.2 二氧化碳、甲烷和氧化亚氮可以自然产生,也可以人为产生。自从工业革命前时代以来(1750年以来)人类所排放的这些气体造成了由温室气体引起的附加气候强迫的80%。其中CO<sub>2</sub>的作用约占60%,是CH<sub>4</sub>的4倍。

4.3 其它温室气体包括对流层臭氧(其化学前身包括

一氧化二氮、非甲烷碳氢化物和一氧化碳),碳的卤化物<sup>①</sup>(包括氢氯氟烃HCFC和氢氟烃HFC)和SF<sub>6</sub>。对流层气溶胶和对流层臭氧的时空分布不均一,在大气中生命周期很短(几天到几周)。硫酸盐气溶胶可由减少排放的方法控制,这种方法正是IPCC构想所认定的。

4.4 大多数排放构想指出,如果没有减排政策,温室气体的排放在下个世纪将会继续增长,使到2100年由于温室气体影响气候变化的程度比二氧化碳浓度为工业革命前2倍所引起的还要大。

<sup>①</sup> 大多数的卤化碳但既不是HFC也不是PFC,是受蒙特利尔议定书及其调整和修正案所控制的。

## 稳定温室气体

4.5 要研究温室气体浓度的稳定,需要考虑所有相关的温室气体。首先,二氧化碳因其行为的重要性和复杂性,对它需要比其他温室气体更详细的研究。

## 二氧化碳

4.6 大气中不同时间尺度上起作用的一些过程可以把二氧化碳从大气中清除掉。二氧化碳在气候系统中能滞留较长的时间—100年或更长。如果净全球人为排放量<sup>①</sup>(即人为排放源减去人为的汇)保持在目前的水平(约7GtC/yr,包括矿物燃料的燃烧、水泥生产和土地使用变化引起的排放),那么大气中的浓度至少两个世纪内将保持恒定增长率,到21世纪末达到500ppmv(达到工业革命前浓度280ppmv的两倍)。碳循环模式表明,只有立刻把二氧化碳排放量减少50—70%,并在以后进一步减少,才能保持其浓度立即稳定在目前的水平。

4.7 碳循环模式已被用于估算为使二氧化碳浓度稳定在不同水平所对应的二氧化碳排放廓线。这些廓线对应以下水平:450、550、650、750和1000ppmv。在达到稳定的各种途径中,图1给出了两种情况,对应于在450、550、650和750ppmv以及1000ppmv,在这些排放构想中排放曲线越陡(从而浓度增加越陡),气候就越快地发生变化。

4.8 任何最终的稳定浓度,都更多地取决于从现在到稳定时的累积的人为二氧化碳排放量,而与这段时间中排放量变化的方式关系不大。这意味着,对一个稳定浓度值来说,前期的高值排放就要求后期的低值排放。图1给出了与这些稳定水平对应的1991—2100年累积排放量和对应IPCC IS92是各种排放构想的累积排放量(可详见下面的图2和IPCC第二工作组决策者摘要中的表1)。

4.9 图1和表1澄清了如果要达到所列举的稳定浓度,对未来二氧化碳排放量应施加的一些限制。这些例子并非任何形式的关于如何达到稳定水平或是应选取哪一稳定水平的实质性建议。

4.10 考虑到累积排放量及IPCC IS92a有关1990—

2100年人口和经济的构想,全球年均二氧化碳排放可以按每人均水平或每单位经济活动为基准进行推算。如果大气中浓度要继续保持在550ppmv以下,未来全球年均排放量在下一世纪内就不得超越目前的水平,同时必须在下世纪末以前和以后大幅度降低。如要将浓度稳定在750到1000ppmv之间,全球年均排放可以较高。然而,即使是达到750到1000ppmv稳定水平,全球年平均排放仍需按人均标准以目前水平为基准下降50%,或者以每经济单位<sup>②</sup>为基准按现有水平减少一半。

4.11<sup>③</sup> 由矿物燃料燃烧引起的全球年平均二氧化碳排放量目前约为人均1.1吨(相当碳)。除此之外,由于森林砍伐和土地使用变化每年带来人均净0.2吨的排放。在发达国家和经济转轨国家,年平均人均矿物燃料导致的排放量从1.5吨到5.5吨不等,平均值约为2.8吨。发展中国家的数字约为0.5吨,少则0.1吨,在个别国家甚至高于2吨(以上均为1990年数字)。

4.12<sup>④</sup> 根据世界银行按市场汇率推算出的GDP(国内总产值),目前与能源有关的二氧化碳年均排放量大约为0.3吨/千美元产值(1990年价格)。除此之外,因土地使用变化而带来的全球净排放量约为每千美元产值0.05吨。目前按照市场汇率计算,与能源有关的全球年均排放量在发达国家和过渡经济国家目前约为0.27吨/千美元产值(1990),在发展中国家为0.41吨。参照世界银行用购买力平价方法计算出的GDP值,与能源有关的年均排放量在发达国家和过渡经济国家为0.26吨/千美元产值(按1990年美元价格),在发展中国家<sup>⑤</sup>该数字为0.16吨。

## 甲烷

4.13 大气中甲烷浓度调整到同人为排放量的变化相适应要经过9—15年。如果年度的甲烷排放量立即减少30Tg CH<sub>4</sub>(约为现在人为排放量的8%),则甲烷浓度将保持在现有水平。如果甲烷排放量保持在现有水平

① 对于第4节的其余部分,“全球人为净排放”(即人为源减人为汇)将被缩写成“排放”。

② 中国不同意使用根据每单位经济活动推导的二氧化碳排放。

③ 中国表示反对以每单位经济活动为基准来计算二氧化碳排放量。

④ 委员会认为该段文字不应对联合国气候变化框架公约目前的谈判有“不谈判”的误解。

⑤ 这种以单位经济活动为基准计算出的排放量不包括由土地使用变化引起的排放量,也没有包括为反应非正规经济所作的调整。

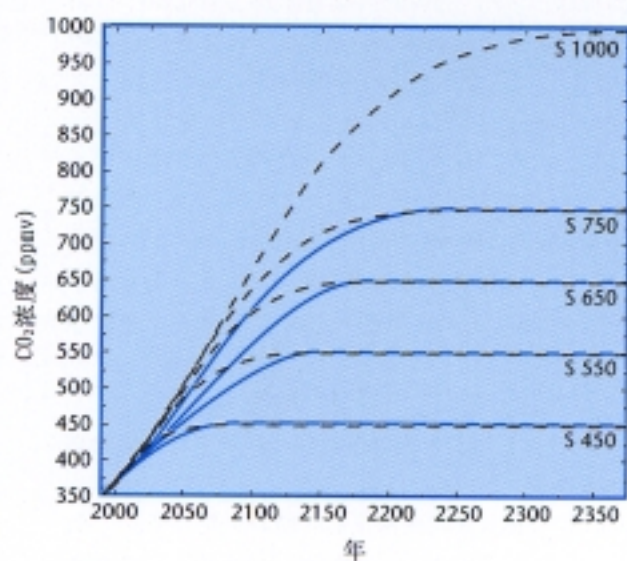


图1(a) 为导致稳定浓度为450、550、650和750ppmv的二氧化碳的浓度廓线,实线为遵循IPCC(1994)所确定的途径,虚线为至少到2000年依据IS92a的构想来排放的途径。此外,还定义了一条为稳定在1000ppmv的廓线,该线同样假设至少在2000年以前以IS92a构想来排放。在450、650和1000ppmv的稳定浓度,就可导致仅由于二氧化碳一项(即不包括其它温室气体(GHG)和气溶胶的作用)平衡温度就比1990年<sup>①</sup>分别增长1℃(在0.5到1.5℃之间)、2℃(从1.5到4℃之间)和3.5℃(从2到7℃的范围内)。工业化之前二氧化碳浓度(228ppmv)的两倍可以导致560ppmv的浓度,而目前358ppmv浓度的倍增将达到720ppmv。

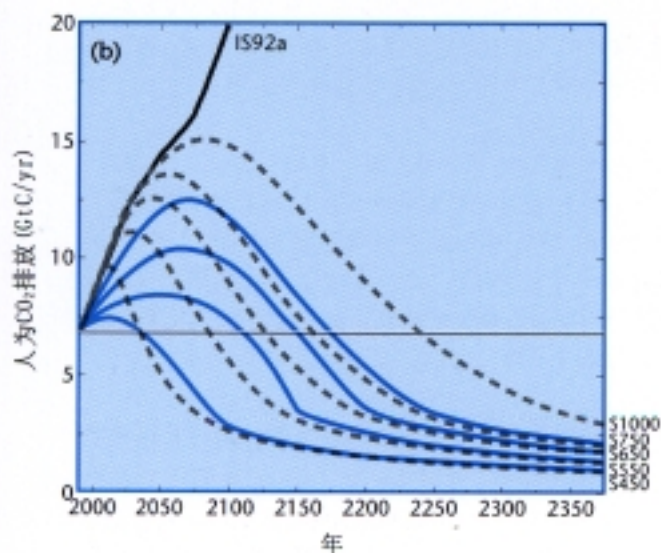


图1(b) 根据中距离碳循环模式推算的结果,遵循(a)中所示廓线,导致450、550、650、750ppmv和1000ppmv稳定浓度的二氧化碳排放量。其他模式的结果与本模式结果相比,相差约为±15%。为了比较,图中还给出了IS92a构想的二氧化碳排放量和目前排放情况(细实线)。

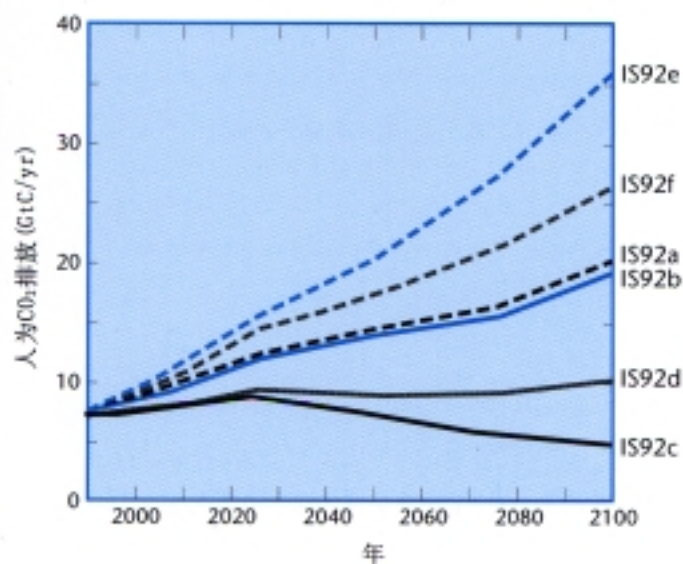


图2 根据IS92各种排放构想(详见IPCC第二工作组决策者摘要中表1)的人为二氧化碳年排放量。

<sup>①</sup> 这些数字没有考虑因1990年以前的二氧化碳排放会在1990年后出现的增温(0.1—0.7℃)。

1991—2100年二氧化碳排放累计(GtC) <sup>§</sup>		
IS92 构想		
c	770	
d	980	
b	1430	
a	1500	
f	1830	
e	2190	
稳定状况	对廓线 A*	对廓线 B†
450	630	650
550	870	990
650	1030	1190
750	1200 <sup>++</sup>	1300 <sup>++</sup>
1000	—	1410 <sup>++</sup>

表1 IS92 各种构想中1991—2100年(含2100年)的人为二氧化碳总排放量(GtC)(见IPCC第二工作组决策者摘要中的表1以及按两套不同途径使得二氧化碳浓度稳定在不同值的情况(见图1(a)下的对应总排放量)。导致二氧化碳浓度稳定的累积排放量是采用中距离碳循环模式计算的,其它模式的结果与表中所列数据有大约15%的差异。

§ 作为比较,1860到1994年期间的排放量总计达到360GtC,其中240GtC是由于使用矿物燃料,120GtC是森林砍伐和土地利用改变而产生。

\* 如同在IPCC(1994),见图1(a)(实线)。

† 至少到2000年前排放遵循IS92a的廓线—见图1(a)(虚线)。

++ 到2100年浓度无法达到稳定。

上,则其浓度将在今后的40年中上升到约1820ppbv(1994年为1720ppbv)。

#### 氧化亚氮

4.14 氧化亚氮有较长的寿命(约120年)。为了使其浓度稳定在现有水平(1994年为312ppbv),必须立刻减少约50%的人为排放。如果氧化亚氮排放量稳定在现有水平,则其浓度将在未来数百年中上升到400ppbv,它的辐射强迫也将是现今水平的4倍。

#### 关于稳定的进一步建议

4.15 只有停止排放才能有效地做到使一些寿命极长的气体(如SF<sub>6</sub>及高氟碳化物)的浓度稳定下来。

4.16 在所有IS92排放构想(a-f)中,二氧化碳对气候强迫的重要作用,同其它温室气体相比,随时间而增强。如在IS92a构想中,到2100年二氧化碳作用所占的比重将由目前的60%增长到75%。同期内,甲烷和氧化亚氮的强迫按绝对值将增长,即原有的2—3倍。

4.17 造成辐射强迫的所有温室气体的影响总和常常是以能造成同等强迫效应的等效二氧化碳浓度来表示的。由于其它温室气体的影响,稳定在等效二氧化碳的某一浓度就意味着将二氧化碳浓度保持在一较之更低的水平。

4.18 稳定温室气体浓度并不意味着将不会有进一步的气候变化。当稳定浓度的目标实现以后,在随后几个世纪中全球地表平均温度还将持续上升,海平面也将许多世纪里保持上升趋势。

## 技术和政策方面的减缓措施

## 5

5.1 IPCC第二次科学评估报告(1995)检查了各种减少排放和加强温室气体汇的措施。这一章节将为减少

人为排放和加强主要温室气体的汇的各种可能措施提供技术方面的信息,其主要目的在于稳定其在大气中

的浓度。但是,这些分析并不试图定量地分析此类减缓措施可能带来的宏观经济影响的后果。

5.2 温室气体净排放的大幅度减少在技术上是可能的,在经济上也是可行的。可通过使用一系列技术和政策手段来加速包括能源、工业、运输、住房/商业、农业/林业等部门在内的各个领域中的技术开发、推广和转让来达到减少排放的目的。

5.3 技术潜力和节省成本的实现程度将取决于采取措施解决缺乏信息的困难,以及克服有碍于技术推广和行为转变的文化、机构、法律、财政和经济方面的障碍的主动创新精神。

5.4 到2100年时,全球商业能源体系实际上至少将有两次更替,这为在不使股本不到期就退股的前提下改变能源体系提供了可能。在工业、商业、住宅、农业/林业等部门也将会有大量股本的更替。这种资本更替的循环为使用新的更好的技术提供了机遇。

#### 能源需求

5.5 IPCC(IPCC1992、IPCC1994)预测在不加政策干预的情况下,工业、运输、商业/住宅建设等部门的排放量将有大幅度增长。大量研究已表明:在未来二、三十年间,世界上许多地区通过采取技术保护手段和改进管理等措施,上述各部门在不增加投入(即负<sup>①</sup>或零成本)的前提下实现在现有基础上10—30%的能源效率增长是可能的。采用现有的使一定的能源投入带来最高的能源服务产值的各种技术,许多国家同时实现能源效率50—60%的增长在技术上是可行的。实现这些潜力将有赖于在未来成本的降低、开发与实施新技术的速度、投入资金与技术转让以及克服许多非技术性阻碍的措施。由于能源的使用在世界范围内都是不断增长的,既使用更有效的技术来替代现有技术仍将导致温室气体的绝对增长。减少在能源使用部门温室气体排放量的主要措施和技术包括:

- 工业:提高效率、回收利用各种材料和转用其他带来较低温室气体排放的材料、开发消耗较少能源和原材料的生产方法。
- 运输:使用高效能发动机、轻便构造和低空气阻力设计;使用较小乘具;改变土地使用方式、运输体制、流动形式及生活方式;使用低功率的运输方式;使用不

会导致温室气体浓度增长的可再生能源。

- 商业/住房:通过改变建筑物结构,更有效的空调,供水系统和照明及生活用具以减少传输损失。

#### 能源供应

5.6 通过采用替代策略,以50—100年为期在能源供应部门大幅度减少排放从技术角度而言是能实现的。这里说的替代策略与按正常时间表投入资金以更新过时的或将报废的基础设施和设备保持同步进行。较为可行的措施包括(不按优先等级排列):

(a)在使用矿物燃料的过程中减少温室气体排放

- 更有效的矿物燃料的转换(例如热电联合生产和更有效的发电);
- 改用低碳矿物燃料和遏制排放(从使用煤改为用石油和天然气,以及从使用石油改为用天然气);
- 燃气和燃料的除碳处理和二氧化碳的储存(例如从矿物燃料的应用中消除和储存二氧化碳以产生富含氢的燃料);
- 减少在燃料提炼和分配中易挥发物质的排放,尤其是甲烷。

(b)使用非矿物燃料的能源

- 使用核能(如果就核反应堆安全、放射性核废料运输与处理以及核扩散等问题能找到普遍可接受的解决办法);
- 使用可再生能源(即太阳能、生物体、风能、水力和地热)。

#### 能源系统减缓可能措施的综合

5.7 因为有可能转用其它燃料和能源并减少能源服务方面的需求,温室气体排放减少的可能性大于能源利用率开发的潜力。可以通过综合的能源开发/服务的各个环节来达到提高能源效率并减少温室气体排放的目的。

5.8 为评估能源系统方面各种措施组合的可能影响,曾描述了一种开发新的低二氧化碳排放的能源供应系统的设想。这种变动说明了在50—100年间通过使用其它手段在能源供应系统中大量减少二氧化碳排放的技术可能性。这些设想意味着降低至如下水平在技术上

<sup>①</sup> 负成本意谓着经济效益。

是可行的,即从1990年的6GtC减少到2050年的4GtC及到2100年达到2GtC,从1990到2100年的累计二氧化碳总排放控制在450GtC至470GtC之间,从而保持大气中浓度在500ppmv以下。

5.9 相对于常规能源成本的综合能源服务的成本取决于未来能源的价格,这一点具有很大的不确定性,同时也取决于对替代技术性能和成本评估。但在未来能源价格方面,一种或多种变动将肯定能按成本提供所需的能源服务,同现有常规能源的成本大体一致。从长远来看,确认一种成本最低的能源系统是不可能的,因为各种选择的相对费用将取决于资源限制和不可知的技术难度以及由政府和个人部门采取的行动。要达到大幅度减少温室气体排放量的目的,应提高能源效益,对科研、开发、示范大量持续地投资以鼓励能源供应技术的转让及推广。许多正在研究中的技术一开始需要支持以进入市场,应该大批量生产以达到降低成本、增强竞争力的目的。

5.10 不同能源技术能否占有市场并为用户所接受将最终取决于其成本、性能(包括环境效益)、机构安排以及有关规定和政策。因为成本因地点和用途而异,各种不同的环境为新技术进入市场提供了初步的机遇。为了进一步认识减少排放量的各种机遇,需要对包括当地条件在内的各种可能措施进行更详细的分析。

#### 工业生产过程和人类居住导致的排放

5.11 在工业生产过程中,如钢铁、铝、氨、水泥和其它材料的生产制造过程中释放的温室气体(包括二氧化碳、甲烷、氧化亚氮、卤碳化物、六氟化硫)在某些情况下是有可能大幅度减少的。相应措施包括:改革生产流程、减少溶剂、更换材料、增加回收利用、减少使用带来较多温室气体排放的材料。可望大幅度降低温室气体排放的其它举措还包括:在造陆工程和污水处理装置中收集和使用甲烷,减少来自固定源和流动源的卤碳化物致冷剂的泄漏。

#### 农业、牧业和林业

5.12 除了使用生物体燃料来替代矿物燃料以外,森林、农田和牧场管理在减少二氧化碳、甲烷、氧化亚氮的排放及加强碳的汇穴作用方面可起重要作用。在未来50年中有许多手段可以保留和封存相当数量的碳

(仅林业部门就近于60—90GtC)。在林业部门,相应措施包括保持现有森林覆盖、减少森林砍伐、自然林再生、建立林木种植园、发展农林带。在农业部门通过采取措施也能减少其他温室气体如甲烷和氧化亚氮的排放。在森林部门,为保留和封存生物量中和土壤中的碳的费用估计很不一样,但相对于其它减缓措施而言仍具有竞争力。

#### 政策手段

5.13 为了达到以合理成本减少温室气体排放的目的,低碳技术的获取是一个前提条件,但不是一种保证。排放量的减少将通过以下途径实现:减少技术转让和推广方面的障碍,调动各种财源,支持发展中国家和经济过渡国家的人员培训,以及在世界各地采取措施帮助有关技术和行为改变的实现。各种政策的优化组合各国各不相同,因其能源市场、经济考虑、政治结构、社会接收能力均有不同。各国政府运用这些政策时的领导作用将有助于对付气候变化的不良影响。当减少温室气体排放的政策也被用来解决与持续发展有关的其它问题时(如空气污染和土壤流失)执行起来会更加容易。许多政策可能会由一些国家单方面采用,其他一些或许将为一些国家集团所采用,当然这要以区域或国际协定为基础,方能更好地推动一些将带来较少温室气体排放的技术及合理消费方式的推广。这些措施特别包括(不是按优先等级排列):

- 落实合适的机构及结构框架;
- 能源价格策略—比如碳税或能源税及降低能源补贴;
- 逐步取消现存的导致温室气体排放增长的畸形政策,如某些补贴和规定、环境费用的非国际化以及在为农业和运输业定价方面的不合理;
- 可转让的排放许可证;
- 自愿计划及与工业部门的协议;
- 实用需求方管理计划;
- 包括最低能源效率标准(如电器及燃料经济学)的管制性计划;
- 推动新技术应用的研究、开发和展示;
- 有助于高技术发展及应用的市场开发和演示计划;
- 在建立市场时鼓励使用可再生能源;
- 鼓励制定有关加快折旧率和降低消费者支出的规定;
- 教育和培训,信息和咨询手段;
- 有助于实现其它经济和环境目标的办法。

5.14 在国家一级对措施的选择可能反映了不同于节约成本的一些目的(如满足财政目标)。如果将征收碳税即碳能源税作为减少排放的一种政策手段,则碳税将带来大量的财政收入,如何分配这些税收会极大地影响减缓措施的成本。如通过减少现行系统中不合理的税款来分配此税收,则该举措将有助于减轻现有税收体制中的过度负担,并存在着带来附加的经济效益

(如双倍红利)的可能。比如,欧洲有关研究结果较为乐观地显示:税收的循环将带来较低的成本,某些情况下乃至负成本。反之,税收的低效率循环将导致成本增长。例如,如果税收被用来投资于一些比私人部门投资回报利润低的政府计划,则总成本将增长。有关措施的选择也可能反映其它的环境目标(如减少非温室气体污染的排放或者增加森林覆盖或其它利害关系,比如对某些特殊地区/部门的具体影响)。

## 公平和社会考虑

# 6

6.1 公平问题的考虑是气候变化政策、公约及实现持续发展<sup>①</sup>的一个重要方面。公平涉及到程序和后果问题。程序问题是关于如何做决策,而后果问题关系到结果。为行而有效并促进合作,协议必须被公认为是合法的,而公平是实现合法化的一个重要因素。

水平的降低。折旧是经济学家们用来对比在不同时间点上发生的经济影响的主要分析工具。折旧率的选择是分析气候变化政策重要的技术关键,因为时间范围是非常漫长的,减排的成本费用比避免损失带来的利益出现得早得多。分析中,折旧率越高,未来更少的利益和目前更多的成本费用越相关。

6.2 程序公平包括过程和参与问题,它要求各缔约方能够有效地参与与气候变化有关的国际谈判。能使发展中国家缔约国有效地参与谈判而采取的适当措施,为在怎样最好地解决气候变化带来威胁方面达成有效、持久和公正的一致增加了前景。对公平和社会影响的关注指出,尤其是发展中国家,需要建设自身能力和加强制度性能力,以合法、公平地制定和执行集体决策。

6.6 公约第3.1条认识到共同但有区别的责任和各自的能力的原则。超过“无悔<sup>②</sup>”范围的行动为当代带来了成本费用。减轻政策不可避免地提出了如何分担成本的问题。由附件一所列的缔约国发起的排放限制的意图表示了那些缔约国在解决气候变化问题上迈出的共同的第一步。

6.3 后果性公平有两个组成部分,即气候变化的损失或适应气候变化的成本与减缓气候变化成本的分配。由于各国家在脆弱性、财富、能力、资源禀赋及下列其它因素等方面除了明确说明的话均有实质的差别,因此,造成的损失、适应、及减缓的成本可能带有不平等性。

6.7 公平问题的争论可支持种种分配减排成本的建议。大多数论点看来或围绕以下两者其一,或结合其二:人均排放平等分配和(目前或设想的)超出国家基准排放部分的分配。气候变化对发展中国家与发达国家的含义不同。发展中国家常有不同的紧急和有限的重点和薄弱的体制,它们对气候变化一般来讲更为脆弱。但是,发展中国家的排放量有可能进一步增加,才能满足其社会和发展的需要。温室气体的排放很有越来越具有全球性,尽管人均排放大幅度的悬殊也将持续下去。

6.4 气候变化有可能给后辈人和损失发生的地区,包括温室气体低排放区带来成本费用。气候变化的影响将不平衡地分布。

6.8 在发达国家中和在发展中国家中都有很多差异将与公平原则应用于减缓气候变化有关。它们包括历

6.5 气候变化政策的跨时空性也提出了代间公平的问题,因为后辈人不能直接影响我们今天选择的政策,而恰恰是这些政策有可能影响他们的生活和健康,再有,我们也可能无法来赔偿后辈人由此造成的生活

<sup>①</sup> 一般地说,公平是指“公证的程度”或指“公证和正当的事情”。  
<sup>②</sup> “无悔”措施是那些产生效益的措施,例如减少能源成本和减少局地/区域污染物排放等于或超过对社会的成本,不包括气候变化减缓措施的效益。有时又称它们为“值得顺便采取的措施”。



史的和积累的排放、目前的总排放量和人均排放、排放强度和经济产出、对未来排放的设想,以及在财富、能源结构及资源储存等因素方面的差异。

6.9 众多伦理原则,包括满足人民基本需求的重要

性,可能与解决气候变化问题相关。但是将为指导个人行为而适应的原则用于处理国家间的关系则是复杂的和不能简单搬用的。气候变化政策不应使地区与地区之间现有的差异再度恶化,也不要试图解决所有公平问题。

## 以持续的方式进行的经济发展

# 7

7.1 经济发展、社会发展和环境保护是可持续发展相互依赖,互相制约的组成部分,是我们努力实现提高生活质量的框架。联合国气候变化框架公约注意到,对气候变化的响应应综合地与社会和经济的发展相协调,以避免对社会和经济的发展带来不利影响,同时充分考虑发展中国家要取得可持续发展和消除贫穷的合法而优先的需要。公约还注意到,各缔约方为保护气候系统所承担的共同但有区别的责任和各自的能力。本章节将简要回顾有关减缓和适应方法的成本和效益方面的知识,因为它们尤其关系到经济发展和环境的可持续性。

### 气候变化的社会成本

7.2 气候变化的净损失包括到目前可以量化的市场和非市场影响及某些情况下适应气候变化的成本。损失是用净数额表示的,因为它考虑了这样一个事实,即气候变化也有一些有利影响,但远不及损失的成本高。非市场影响,如对人类健康,人类死亡的危险及对生态系统的破坏都成为目前估价气候变化社会成本的重要组成部分。而非市场损失的估价是高度推测,且非综合性的,这就成为评估全球气候变化对人类影响主要不确定性的一个根源。

7.3 定量分析温度升高2—3℃造成总损失的有关文献提供了在假定的大气温室气体浓度变化下造成损失的一些范围较宽的估计点。总合起来的估计占世界GDP的几个百分点。但对发展中国家一般而言,相对其本国的GDP,估计的损失却占大一些的比例。估计的总数有相当的不确定性,不确定性的范围不能从文献中得到测量。由于研究中有许多不同的假设和方法,因此不应把估计的范围当成一个把握性的间隙。估计的总合很可能掩饰了损失组成的更大的不确定性。评估

气候变化后果的区域或部门方法包括更广范围的净经济效果的估计。在某些地区,估价的损失非常大,可能会消极地影响经济的发展。而另一些地区,预计的气候变化将增加经济生产和当今经济发展的机遇。使统计寿命值与典型的发达国家的水平等同将会使货币损失增加几倍,并会进一步增加发展中国家在全部估计损失中的份额。小岛屿和地势低的沿海地区特别脆弱。由可能发生的大规模大灾害带来的损失,例如在海洋循环方面的大变化等,则没有被反映在这些估计之中。

### 限制气候变化的效益

7.4 限制温室气体的排放,增加其汇的效益在于:1)避免气候变化损失和避免适应气候变化的成本费用;2)与有关政策一致的间接经济和环境收益,如减少与温室气体同时产生的其它污染物,保护生物多样性,以及为响应气候变化导致的技术更新。

### 适应成本

7.5 适应气候变化的影响因而减少对国民经济和自然生态系统的损失目前有许多措施方案可供选择。从农业,能源到健康,海岸地区管理,近海捕鱼和娱乐等许多部门都有适应气候变化的方法。其中一些方法提高了适应目前气候自然变率的能力。目前还未对为适应气候变化给农业,人类健康,水供给及其它变化造成影响而采取相应措施的成本进行系统的估价。虽然适应方法在技术上是可行的,但对某些国家来说,适应的成本(如海平面升高),如果没有外部资金支持,是很难负担得起的。

### 减缓的成本和效益

7.6 使大气温室气体浓度稳定在某一水平上及在防止人为危险性地干扰气候系统的时间范围内稳定所需要的成本将关键依赖于排放时间路径的选择、消费方式、资源和技术的可获得性及政策工具的选择等。减缓计划的成本将受到资本更替、贴现率及研究与发展作用的影响。如果在工厂和设备经济寿命结束即资本存量更替时,不能尽早采取政策措施鼓励有效地投资更替,将给社会带来经济成本损失。根据常规存量更替过程可吸收的速率实施减排很可能比现在强迫过早的退出花费少些。减缓路径的选择涉及了目前迅速减缓与推迟减缓的经济风险之间的平衡问题。可利用其它环境效益开展的减缓措施可能是成本效益合算的,并能促进可持续发展。导致全球温室气体排放增加的污染活动的转移可通过各国组织间的协调行动得到减少。

7.7 尽管目前很少有关于稳定温室气体所需成本方面的研究出版物,但在不同程度上减少排放所需成本的估价文献还是有的。减缓的成本估计依不同的方法、所采用的假设、排放构、政策手段、报告的年度等有很大差异。

7.8 尽管观点有很大分歧,但还是一致认为,在今后20—30年中能源效益高于基准趋势10—30%可在负或零成本下实现。在更长的时间范围,即允许更完整地实现资本储量更替并给科研、开发和展示及市场政策转轨以机遇来影响多次替代循环,这种潜力会更大些。此“无悔”可能性的幅度依赖于重要的市场和机构不完善的存在,这些不完善处阻碍了成本效益合算减少排放方法的出台。因此,关键问题在于用政策方法成本效益合算地克服不足,排除障碍的程度如何。

7.9 OECD 国家:尽管很难归纳,但自上而下<sup>①</sup>的分析认为将二氧化碳降到实质性地低于1990年排放水平的成本可高达GDP的几个百分点。就具体的将排放量稳定在1990年的水平的案例分析而言,许多研究预计在今后几十年内可以达到从GDP的负百分之0.5(相当于OECD国家在目前GDP水平上的总盈利600亿美元)到GDP的百分之二(相当于2400亿美元的亏损)范围内的年成本。但是,研究还表明,适当地确定减缓方法的时机也许能实质性地减少总成本的大小。一些自下而上的研究表明发达国家在今后二、三十年中减少排放20%的成本将微乎其微或是个负值。其它自下而上的研究认为,有潜力在较长时间内,在不增加甚至减少整个能源系统成本的条件下,绝对减排可超过百分之

五十。

7.10 经济转轨型国家:成本效益合算地减少能源使用有很大潜力,但是可实现的潜力将取决于选择什么样的经济和技术途径,及是否可获得资本以实施不同的途径。关键问题是在这些国家中这些适于大大改变其基准排放水平及降低减排成本的结构变化的前景如何。

7.11 发展中国家:分析认为,发展中国家也许有大量以低成本减少化石燃料二氧化碳排放的机会。提高能源效益,促进替代能源技术,减少森林砍伐及提高农业生产力和生物质能源的生产的发展方式可以获得经济效益。搞好这种方式需要重要的国际合作和资金及技术的转让。但是这些还不足以弥补国际经济增长和整体生活提高而迅速增加的排放基准。二氧化碳排放的稳定很有可能是成本很高的。

7.12 为几项减轻温室气体排放,增加其汇的具体方法作出的成本估计差异很大,且依赖于各地的具体特性。可再生能源技术和如碳封存方法也是如此。在今后50年内,森林每年的碳封存可抵销多至1990年全球能源相关排放量的15—30%。碳封存的成本在世界各区域间有区别,其成本可与资源控制措施成本相竞争。

7.13 控制其它温室气体的排放,特别是甲烷和一氧化二氮,为某些国家提供了重要的成本合算的机会。运用现有的减排的方法以负或低成本将如天然气系统、废物管理和农业等人为甲烷源排放减少10%。其中一些方法的成本因国家和地区而不同。

#### 补贴、市场不完善和障碍

7.14 世界经济和确有些国家的经济遭受的众多价格扭曲之苦,增加温室气体排放,如一些农业和燃料的补贴及运输价格的扭曲等。有关该问题的研究表明,停止燃料的补贴,有可能实现全球减少排放4—18%,和实际收入增加。

7.15 通过自愿协议计划,能源效率刺激,产品效率标准及涉及制造商的能源效率获得计划和公用事业法规

<sup>①</sup> 参见IPCC第三工作组决策者摘要讨论自上而下和自下而上模式的框1。

的改革,很多国家在通过政策措施以成本合算地减少市场的不完善和体制障碍方面取得了进展。在作出实证评价之后发现,增加能源效率的效益成本比是有利的,它表示以负净成本实现“无悔”潜力的实际的可行性。

#### 更好的信息和研究的价值

7.16 有关气候变化的过程,影响和对其响应的更好的信息的价值很大。与气候有关的经济和社会问题的分析,特别是在发展中国家,是研究的高度重点。需要进一步分析有关响应选择对就业、通货膨胀、贸易、竞争性和其它公共问题方面的影响。

## 前进的路

## 8

8.1 科学、技术、经济和社会科学文献确实指出了实现公约根本目标前进的道路。可能采取的行动包括通过减少温室气体排放及增加其汇减缓气候变化,适应观测到的和预计的气候变化,通过研究、开发和示范来提高对气候变化危险及可能的响应的认识。

8.2 判定什么构成了危险的人为干扰气候系统及需采取什么行动阻止类似的干扰有很大的不确定性。文献指出,大多数国家有很多“无悔”的机会,也面临气候变化造成总的净损失的危险,而远离危险和预防措施考虑为超出“无悔”行动提供了依据。我们面临的挑战不是今天就找出今后100年的最好的政策,而是去选择一个目前最慎重的战略,并根据新的情况随时对它进行调整。

8.3 文献认为,依赖于经济刺激和手段及协调一致的手段灵活而成本合算的政策可以大大减少减缓和适

应的成本,或可以增加减排的成本效果合算性。需要恰当而长远的信号使生产者和消费者成本合算地去适应对温室气体排放的限制并鼓励投资、研究、开发和示范。

8.4 减少温室气体排放,增加其汇及最终稳定它们在大气中的浓度的许多政策和决定将为私有和公共部门提供机会和挑战。一组经精心选择,目的在于减缓、适应和提高认识的国家和国际响应行动方案组合可以减少气候变化给生态系统、食物保障、水资源、人类健康和其它自然和社会经济系统带来的危险。降低温室气体排放,增加其汇的成本,由于各个国家经济发展、基础设施选择和自然资源基础不同而有很大差异。双边、区域及国际协议范围内的国际合作可大大降低减少排放,减缓排放泄漏的全球成本。如果谨慎实施,这些响应将会有助于迎接气候变化的挑战,提高所有民族和国家经济可持续发展的前景。

综合报告起草小组

伯特·博林(IPCC 主席兼起草小组主席);约翰·T·豪顿;古尔凡·梅拉·费尔霍;罗伯特·T·华特生;M·C·辛亚韦拉;詹姆斯·布鲁斯;李洪升;布鲁斯·卡兰德;理查德·摩丝;艾理克·海茨;罗伯托·阿科斯塔·莫雷诺;塔里克·巴努里;周大地;布朗逊·加德纳;约瑟·戈尔得姆伯格;让-查尔斯·沃卡德;麦克·杰弗逊;杰里·梅利罗;欧文·明译;理查德·奥丁哥;马丁·帕里;马萨·帕多莫;科内利亚·昆纳特-蒂莲;皮埃尔·威灵加;纳拉西姆汉·桑德拉拉曼(IPCC 秘书);

参考文献

1. IPCC 1990;

- (i) 气候变化, IPCC 科学评估
- (ii) 气候变化, IPCC 影响评估
- (iii) 气候变化, IPCC 响应战略

(iv) 总审和决策者摘要

2. IPCC 1992;

- (i) 气候变化 1992, IPCC 科学评估的补充报告
- (ii) 气候变化 1992, IPCC 影响评估的补充报告

3. IPCC 1994;

气候变化 1994, 气候变化辐射强迫及 IPCC IS92 排放构想评价

4. IPCC 1995;

- (i) 气候变化 1995, IPCC 第二次评估综述; 关于解释联合国气候框架公约第二条的科学技术信息
- (ii) 气候变化 1995, 气候变化的科学
- (iii) 气候变化 1995, 气候变化影响、适应和减缓的科学技术分析
- (iv) 气候变化 1995, 气候变化的经济和社会方面

---

**决策者摘要：**

**气候变化科学**

---

IPCC 第一工作组



# 决策者摘要： 气候变化科学

自1990年以来,在理解气候变化<sup>①</sup>科学方面取得了相当的进展,得到了新的资料和分析。

## 1. 温室气体浓度继续增长

自工业化前时期起(即自约1750年起),温室气体浓度的增长已经导致了气候辐射强迫<sup>②</sup>的增长,趋向于使地表升温并产生其它的气候变化。

• 大气中温室气体(亦称二氧化碳CO<sub>2</sub>,甲烷CH<sub>4</sub>,一氧化二氮N<sub>2</sub>O)的浓度已经明显上升,大约分别为30%,145%和15%(1992年值)。这些趋势主要是由于人类的活动,即大多情况下的化石燃料的使用,土地利用的变化和农业引起。

• CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O浓度的增长速度在90年代早期比较低。尽管这种明显的自然变化还没有得到充分的解释,但最近的资料表明现在的这种增长速度与80年代的平均增长速度相等。

• 生命期长的温室气体的直接的辐射强迫(2.45Wm<sup>-2</sup>)主要是由于CO<sub>2</sub>(1.56Wm<sup>-2</sup>),CH<sub>4</sub>(0.47Wm<sup>-2</sup>)和N<sub>2</sub>O(0.14Wm<sup>-2</sup>)(1992年值)浓度的增加造成。

• 许多温室气体存在于大气中很长时间(如CO<sub>2</sub>和N<sub>2</sub>O,从几十年至几个世纪)。因此它们长期影响辐射强迫。

• CFC和HCFC共同作用所造成的直接辐射强迫是0.25Wm<sup>-2</sup>。但是因为它们引起了平流层臭氧的分解,而产生了负的辐射强迫,所以它们的总的辐射强迫下降了0.1Wm<sup>-2</sup>。

• CFC浓度的增加,不是指HCFC,已经放慢到零。CFC和HCFC二者的浓度及它们引起的臭氧的分解可以期望到2050年通过执行蒙特利尔议定书及它的调整和修改案显著地得到下降。

• 一些生命期较长的温室气体(尤其是HCFC(一种CFC的替代品)),PFS和SF<sub>6</sub>)现在对辐射强迫影响很小,但它们所预计的增长将会使21世纪的辐射强迫增加好几个百分点。

• 假如CO<sub>2</sub>的排放能维持在近似于现有的(1994年)水平上,它们将会导致近两个世纪中大气浓度的增长率几乎保持不变,到21世纪末将达到大约500ppmv的水平(接近两倍于工业化前的280ppmv的浓度)。

• 许多碳循环模式表明,只有大约分别在40年、140年或240年的时间将人为排放的CO<sub>2</sub>降低到1990年的水平,并进而明显下降到低于1990年的水平,才能实现将大气中CO<sub>2</sub>的浓度值分别稳定在450、650或1000ppmv上。

• 任何最后被稳定的浓度不仅受到这段时期排放方式的变化的影响,而更受到从现在到稳定时所积累的人为的CO<sub>2</sub>排放量的控制。这就意味着对于一个给定的稳定浓度值,前几十年较高的排放则要求以后更低的排放。在稳定事例研究的范围中,为了稳定在450、650或1000ppmv上,1991年至2100年这段时期所积累的人为排放分别是630GtC<sup>③</sup>,1080GtC和1410GtC(每种情况下大约为±15%)。为了作比较,IPCC IS92排放构想的相应累积排放范围是770—2190GtC。

• 将CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O浓度稳定在今天的水平上将涉及将人为排放量分别降低8%和50%多。

• 有证据表明北半球对流层臭氧的浓度从工业化前起就由于人类的活动而增加了,这就引起了辐射强迫的增加。这种强迫还没有很好地定性,但估计大约是0.4Wm<sup>-2</sup>(其中15%来自于生命期长的温室气体)。但是最近十年的观测结果表明上升的趋势已经明显放慢或停止。

## 2. 人为的气溶胶趋向产生负的辐射强迫

• 由于化石燃料的燃烧,生物物质的燃烧及其它的途径而产生的对流层的气溶胶(小的空中浮游的粒子)已直接导致了全球平均-0.5%辐射强迫,并可能间接导致同样的负辐射强迫值。尽管负向的强迫主要集中在特定的地区和次大陆地区,它仍能对气候型造成大陆至半球范围的影响。

• 从局部来说,气溶胶强迫的作用可足以大于抵

<sup>①</sup> 在IPCC第一工作组使用的气候变化是指气候在时间上不论由于自然变率或人类活动的结果所引起的任何变化。这不同于气候变化框架公约组织中的用法,在该处“气候变化”是指由于直接或间接活动的人类活动改变了地球大气的组成而造成的气候变化,它不包括在类似时期所观测的自然气候变异。

<sup>②</sup> 一种简单的潜在气候变化机制重要性的量度。辐射强迫是对地球一大气系统能量平衡的干扰。(每平方米上瓦特数Wm<sup>-2</sup>)

<sup>③</sup> 1GtC=十亿吨碳

销由于温室气体造成的正强迫作用。

- 与长生命期的温室气体相比,人为产生的气溶胶在大气中生存期很短,因此它们的辐射强迫可随排放的增多或减少变化。

### 3. 上世纪气候发生了变化

任何地方天气的年际变化可能是很大的,但对大范围 and 几十年或更长时期内气象和其它资料的分析已经提供了一些重要的系统变化的证据。

- 全球平均地面温度自19世纪以来大约增长了0.3—0.6℃;自1990年以来可得到的资料及自那时以来的重新分析并没有显著地改变上述计算的升高范围。

- 最近几年已成为1860年以来最暖的时期之一,也就是说在有仪器记录的时期,尽管1991年皮纳图博火山爆发造成了冷却效应。

- 陆地上夜间的温度一般都比白天升高的多。

- 区域的变化也很明显。例如,在中纬度大陆的冬天和春天最近的变暖是最大的,但也有一些地区变冷,如北大西洋。北半球高纬度陆地的降水尤其是在冷季增加了。

- 在过去的一百年中全球海平面上升了10—25cm,其中上升的大部分原因可能与全球平均温度的升高有关。

- 没有充分的资料来确定20世纪有没有发生气候变率或天气极端事件一致的全球变化。在区域的范围内,有清楚的证据表明存在着一些极端事件和气候变率指标(如在几个大范围地区霜冻变少;美国各相连州的极端事件中降水比例的上升)。其中的一些变化正趋向于更大的变率,一些正趋向于较低的变率。

- 1990—1995年中期持续的厄尔尼诺—南方涛动(它引起了许多地区的干旱和洪水灾害)暖期在过去的120年中的状况是异常的。

### 4. 各种证据的对比表明了人类对全球气候有明显的影响

任何人类引起的对气候的影响都会被附加在自然界气候变化的背景“声音”上,它主要是源于内部的波动和外部的原因如太阳变化或火山爆发。检测和因果关系研究可分辨出人为和自然的影响。“变化检测”是阐述一个被观察的气候变化从统计意义上来说是非常异常的过程,而不提供变化的原因。“因果分析”是指建立因果联系的过程,包括对立假设的验证。

自1990年IPCC报告以来,在区分自然和人为对气候的影响方面已取得了很大的进步。这种成果包括除了温室气体之外还研究了硫化物气溶胶的影响,因此导致了对人类引起的辐射强迫更实际的预测。这些结果然后又被用于气候模式以提供更完整的人类引起的气候变化“信号”的模拟。另外,利用海气耦合模式新的模拟已经提供了重要的有关十年到世纪时间尺度的自然界内部气候变化的信息。进展的另一个主要方面是研究重点的转移,即从研究全球平均变化到比较模拟和观测的时空气候变化。

有关检测和因果分析问题的最重要的成果如下:

- 从代用气候资料中可得到的有限证据说明20世纪的全球平均温度至少与最晚公元1400年以来的其它世纪一样的暖。1400年前的资料太少,不允许作出全球平均温度的可靠估算。

- 对上世纪观测到的全球平均气温趋势统计显著性的评估用了多种对自然的内部和外部强迫变率的新估算材料。这些都来自于仪器记录的资料、古代的资料、简单的和复杂的气候模式及与观测相吻合的统计模式。多数研究已检测出明显的变化并表明所观测到的变暖趋势从本质上说并不是完全自然的。

- 有关人类对气候影响因果关系的更令人信服的最新证据正来自于分型的研究,研究中被模拟的气候对由温室气体和人为硫化物气溶胶组成的强迫的反应与被观察到的地理的、季节的和垂直的大气温度变化型作了比较。研究表明这种形式的一致性随时间而增加,正如我们所期望的人为的信号强度增强。而且,这种相似性可能仅由于自然界内部的变化而偶尔发生的概率很低。垂直变化也与那些所期望的太阳和火山强迫变化不一致。

- 我们现在定量确定人类对全球气候变化影响的能力是有限的,这主要是由于所期望的信号迭加有自然变化的噪音以及在一些关键的因素中还有许多的不确定性。这些包括长期自然变化的程度和分布及温室气体和气溶胶浓度的变化和地表的变化所引起的随时间而变的强迫和响应。不管怎样,各种证据的对比分析表明了人类对全球气候有明显的影响。

### 5. 预计将来气候会继续变化

IPCC已设计了一整套基于考虑到1990—2100年间人口和经济的增长、土地利用、技术变化、能源的可利用性和燃料混合的假设的将来温室气体和气溶胶前体的排放构想IS92a—f。通过理解全球碳循环和大气化



学,这些排放可以用于预测大气中温室气体和气溶胶的浓度和自然界辐射强迫的干扰。然后气候模式就可以用于开展对将来气候的预测。

- 通过海气耦合模式对现在和过去气候模拟的日益符合实际增强了我们利用它们来预测将来气候变化的信心。重要的不确定性是存在的,但些在全球平均温度和海平面变化的全部预测中已被考虑到。

- 对中等范围 IPCC 的排放构想 IS92a,即假设气候敏感性<sup>①</sup>“最佳估计”值,并包括了将来气溶胶增加影响的条件下,模式预测到 2100 年全球平均地面温度相对于 1990 年大约上升 2℃。这个预测约低于 1990 年“最佳估计”的 1/3。这主要是由于较低的排放构想(尤其是 CO<sub>2</sub> 和 CFC),包括了硫化物气溶胶的致冷效应和在碳循环处理方法上的改进。如果考虑最低的 IPCC 排放构想 (IS92c) 和一个“低”的气候敏感性值并包括气溶胶浓度将来变化的影响将导致到 2100 年上升 1.0℃。相对应最高的 IPCC 构想 (IS92e) 和一个“很高”的气候敏感性的值的相应预测得出将升温 3.5℃。在各种情况下,平均升温的速度可能会比任何过去 10000 年中见到的都大,但实际的年到十年尺度的变化将包括相当多的自然变化。区域的气温变化可能与全球平均值有很大不同。由于海洋的热惯性,只有最终平衡温度变化的 50—90% 到 2100 年时才被实现,温度在 2100 年以后还将持续上升,即使温室气体的浓度到那时已经被稳定了。

- 平均海平面预计将由于海洋的热膨胀和冰山及冰盖的融化而上升。在 IS92a 的构想中,假设了气候敏感性和冰对变暖而融化的敏感性的“最佳估计”值,并包括了气溶胶对将来变化的影响,由此模式预测海平面将从现在起到 2100 年上升大约 50cm。这个估计大约比 1990 年由于低温的预测而得到的“最佳估计”低 25%。但是也反映了气候和冰融化模式的改进。综合考虑最低的排放构想 (IS92c) 和“低”的气候和冰融化的敏感性并包括气溶胶的影响而由此得出了从现在到 2100 年估计海平面大约上升 15cm 的值。相应地考虑到高的气候和冰融化的敏感性的最高排放构想预测 (IS92e) 得出了从现在到 2100 年海平面将上升 95cm 值。海平面在将来 2100 年以后的世纪里将继续以类似的速度上升,即使温室气体的浓度到那时已被稳定住,并在全球平均气温稳定后也会继续这样。局部的海平面变化也许会与由于陆地运动和海洋洋流的变化而与全球平均值不同。

- 对半球到陆地尺度的海—气耦合模式的预测信度会高于区域的预测,区域预测的信度仍然较低。温度

方面预测的信度会高于水文变化方面。

- 所有的模式模拟,不管它们受到不断增长的温室气体和气溶胶浓度的持续增加或只受到不断增长的温室气体浓度增加的强迫作用,都显示出下列特征:冬季陆地表面的增温比海洋更大;冬季增温的最大值在北半球高纬度,夏天北极地表的增温最小;增强的全球平均水循环和冬季高纬增加的降雨量及土壤湿度。所有这些变化都与可认识的物理机制有关。

- 另外,大多数模拟表明北大西洋温盐环流强度的降低和大范围日变化较程的下降。这些特征也可以用可认识的物理机制来解释。

- 人为气溶胶的直接和间接的影响对预测有重要的影响。一般而言,温度和降雨变化的程度在气溶胶影响考虑在内的时候是比较小的,尤其是在北半球中纬度。注意气溶胶的冷却效应并不是简单地抵销温室气体的增温效应,而是明显地影响一些陆地范围的气候变化分布,在夏天的半球更明显。例如,仅考虑到温室气体影响的模式一般能预测到亚洲夏季季风区降雨和土壤湿度的上升,而另外包括了气溶胶的一些作用后则得到季风降雨可能下降。气溶胶空间和时间的分布很大程度上影响区域的预测,因此而具有更大的不确定性。

- 普遍的升温预计将导致极端热日出现的增多和极冷日发生的减少。

- 较暖的气温将导致一个更明显的水循环;这将造成有些地方干旱和/或洪水变多而其它地方干旱和/或洪水变少的问题。有几个模式指出了降雨强度的增加,这就意味着更多的极端降雨事件发生的可能性。现在的知识还不足以指出灾害性风暴如热带气旋的发生和地理分布有没有变化。

- 持续迅速的气候变化能改变物种间竞争性的平衡甚至导致森林的死亡,改变陆地对碳的排放和吸收。数量不确定,但是在下一个世纪到下两个世纪有可能在 0 到 200GtC 之间,这依赖于气候变化的速度。

## 6. 仍然有许多的不确定性

现在有许多因素限制着我们预测和检测将来气候变化的能力。尤其是,为减少不确定性在下列优先领域仍然需要做进一步工作:

<sup>①</sup> 在 IPCC 报告中,气候敏感性一般是指在两倍大气相当二氧化碳浓度条件下全球平均地面温度的长期(平衡)变化。更一般来说,它是指在一个单位辐射强迫( $^{\circ}\text{C}/\text{Wm}^{-2}$ )变化条件下地表气温的平衡变化。

- 估算温室气体、气溶胶和气溶胶前体的排放和生物化学的循环(包括源和汇)及预测将来浓度和辐射性质。

- 描述模式中的气候过程,尤其是有关云、海洋、海冰和植被的反馈,以提高预测气候变化的速度和区域形式的的能力。

- 系统收集长期的仪器和代用的气候系统变量的观测资料(如太阳能的输出量、大气的能量平衡分量、水文循环、海洋特性和生态系统的变化)以供模式检验,供对时间和区域变化的评估及供检测和因果关系

研究。

将来未预料到的、大的和快速的气候系统变量(正如在过去所发生的一样)从本质上来说是很难预测的。这就意味着将来的气候变化可能会含有一些“令人吃惊的东西。”尤其是从气候系统中出现的非线性性质,当迅速受到强迫时,非线性系统容易出现未曾想到的行为。通过研究非线性过程和气候系统的各组成部分可以取得进展。这种大量线性行为的例子包括北大西洋快速的环流变化和与陆地生态系统变化有关的反馈作用。

---

**决策者摘要：**

**气候变化影响、适应  
和减缓的科学技术分析**

---

IPCC 第二工作组



# 决策者摘要： 气候变化影响、适应和减缓的科学技术分析

## 1. 评估范围

政府间气候变化专业委员会(IPCC)第二工作组的任务是审议气候变化对物理和生态系统、人类健康和社会经济部门的影响方面的知识状况。第二工作组还负责审议已有的关于一系列潜在适应和减缓战略的技术经济可行性方面的信息。该评估提供的科学、技术和经济信息能够用于评估可能的影响是否构成“对气候系统危险的人类干扰”(系指联合国气候变化框架公约(UNFCCC)第二条)和评估可用于实现UNFCCC最终目标(见框1)的适应和减缓方案。

## 2. 问题性质

人类活动正增加易使大气增温的温室气体和在某些地区易使大气降温的气溶胶。温室气体和气溶胶的这些变化加在一起预计将导致气候和与气候有关的参数,例如温度、降水、土壤湿度和海平面的区域和全球变化。基于气候对(IPCC第一工作组报告的)温室气体浓度增加的敏感范围和可能的排放范围(IPCC IS92;见表1),气候模式在同时考虑温室气体和气溶胶时可预测到2100年时全球平均地面温度约增加1-3.5度,有关的海平面增加约为15-95厘米。区域尺度预报的可靠性仍很低,气候变率的变化程度尚不确定。但是潜在的严重变化已经确定,包括一些地区的极端高温事件、洪水和干旱的增加,结果又对火灾、虫灾和生态系统的构成、结构和功能,包括初级生产力产生影响。

### 框1. UNFCCC(第二条)的最终目标

“...将大气中的温室气体浓度稳定在防止气候系统受到人类行为危险干扰的水平上。取得这一水平的时间范围应足以使生态系统能自然地适应气候变化、能确保粮食生产免受威胁并能使经济发展可持续地进行。”

人类健康、陆上和水上生态系统、及社会经济体系(例如农业、林业、渔业和水资源)对人类发展和生活都十分重要,对气候变化都十分敏感。许多地区有可能受到气候变化的不利影响——有些是潜在不可逆转的——而气候变化的有些影响可能是有利的。因此,社会

各个方面可能将面临各种各样的变化,并需要适应这些变化。

决策者面对的是在有重大科学不确定性情况下,对付人类排放温室气体构成的风险。信息表明因气候系统的长时间尺度,气候导致的环境变化不能很快扭转,各种不确定性应在此种情况下加以考虑(见框2)。未来几年作出的决定可能会限制未来的可能政策选择方案,因为居高的近期排放会要求在未来有更大的减排,以实现任何既定的目标浓度。因为潜在的技术进步,推迟行动可能会减少减排的总成本,但会增加气候变化的速度和最后规模,因此也会增加适应和损失成本。

### 框2. 影响气候系统过程的时间尺度

- 对温室气体排放负责的股本营业额:数年至数10年(不含过早退出)
- 在给定的温室气体排放稳定水平上稳定长生命周期温室气体大气浓度:数10年至数千年
- 在给定的温室气体浓度稳定水平上气候系统的平衡时间:数10年至数百年。
- 给定稳定气候下海平面的平衡时间:数百年
- 恢复/再生受破坏或受影响的生态系统:数10年至数百年(有些变化,例如物种灭绝是不可逆转的,某些受影响的生态系统可能无法重建。)

决策者将不得不决定他们在何种程度上想要靠减缓温室气体排放和通过适应增强脆弱系统的恢复能力来采取预防措施。不确定性并不意味着国家或国际社会无法更好地对付广泛的可能气候变化或戒备潜在的未来越来越贵的结果。推迟此类行动可使一个国家或全世界处于很差的准备状态,难以对付不利影响并可增加不可逆转或非常昂贵结果的可能性。特别应该采取的适应或减缓变化的选择方案似是那些能够为今日的其他理由所说明论证(如减轻空气和水污染)并能使社会更灵活或更有能力地对付未来气候变化的不利影响的方案。

## 3. 气候变化脆弱性

UNFCCC第二条明确承认了自然生态系统、粮食生产和可持续发展的重要性。这个报告针对的是

表 1: IPCC 1992 年 6 个不同构想中的假设摘要

构想	人口	经济增长	能源供应
IS92a, b	世界银行 1991 年 113 亿 2100 年	1990—2025 年: 2.9% 1990—2100 年: 2.3%	12,000 EJ 常规石油 13,000 EJ 天然气 太阳成本降至 0.075 美元/kWh(T1) 可提供 70 美元/桶* 的 191EJ 生物燃料
IS92c	联合国 中—低情况 64 亿 2100 年	1990—2025 年: 2.0% 1990—2100 年: 1.2%	8,000 EJ 常规石油 7,300 EJ 天然气 核成本下降 0.4%
IS92d	联合国 中—低情况 64 亿 2100 年	1990—2025 年: 2.7% 1990—2100 年: 2.0%	石油和燃气同于 IS92c 太阳成本降至 0.065 美元/kWh 可提供 50 美元/桶的 272EJ 生物燃料
IS92e	世界银行 1991 年 113 亿 2100 年	1990—2025 年: 3.5% 1990—2100 年: 3.0%	18,400EJ 常规石油 燃气同于 IS92a, b 逐步去除核 2075 年
IS92f	联合国 中—低情况 176 亿 2100 年	1990—2025 年: 2.9% 1990—2100 年: 2.3%	石油和燃气同于 IS92c 太阳成本降至 0.083 美元/kWh 核成本增至 0.09 美元/kWh

\* 近似转换因子: 1 桶 = 6 GJ。

出处: IPCC, 1992 年: IPCC 科学评估补充报告。IPCC 第一工作组筹备的 A3 部分(J. T. 豪顿, B. A. 卡兰德, S. K. 瓦尔内(eds.))和 WMO/UNEP。第 200 页, 英国, 剑桥, 剑桥大学出版社。

### 框 3. 敏感性、适应性和脆弱性

敏感性是指一个系统对气候条件变化的反应程度(如由一定的温度或降水变化引起的生态系统构成、结构、功能, 包括初级生产力的变化程度)。

适应性是指系统的活动、过程或结构对预测的或实际的气候变化的可能调整程度。适应能是自然而然的或是有计划的, 既能在条件变化后也能在条件变化前进行。

脆弱性是指气候变化对一系统的破坏或伤害程度, 它不仅取决于系统的敏感性, 而且还取决于系统对新气候条件的适应能力。

气候变化的程度和速度都对决定一系统的敏感性、适应性和脆弱性很重要。

生态和社会经济系统, 包括水文和水资源管理、人类结构和人类健康对气候变化的潜在敏感性、适应性和脆弱性(见框 3)。

人类引起的气候变化增添了一个新的重要胁迫。人类引起的气候变化代表了一个新添的重要胁迫, 尤其是对于许多已经受到污染、资源需求不断增长和管理行为为非持续性的生态和社会经济系统。最脆弱的系统是那些对气候变化最敏感和适应能力最差的系

统。

大多数系统都对气候变化敏感。自然生态系统、社会经济系统和人类健康都对气候变化的程度和速度敏感。

影响难以量化, 现有研究范围有限。尽管过去 10 年我们的知识已显著增加, 并能进行量化估测, 但由于区域尺度气候变化预测尚不确定, 我们目前对关键过程的理解有局限, 并且各系统都受制于多个气候和非气候胁迫, 而其相互作用又不总是线性或叠加的, 故目前很难定量预测气候变化对某个特定系统在某个特定地点的影响。大多数影响研究评估了各系统对导致相当大气二氧化碳(CO<sub>2</sub>)浓度任意倍加的气候变化的反应状况。另外, 研究中很少考虑对温室气体浓度不断增加的动力反应, 且更少检验了超过相当大气 CO<sub>2</sub> 浓度倍加以外的增加的后果或评价了多个胁迫因素的影响。

成功的适应取决于技术进步、体制安排、资金提供和信息交换。总的来说, 由于技术进步, 所管理的系统, 如农业和水供应的适应选择方案已经扩大。但是当今世界许多地区在获得这些技术和适当信息方面尚有局限。适应战略的效力和其成本有效的使用将取决于国内和国际两个范围的资金提供、技术转让、文化、教育、管理、体制、法律和法规等方面的作法。在资金使用和

基础设施投资定期时间安排这种开发决策和规划方面统筹考虑气候变化问题将有助于适应。

**脆弱性随着适应能力的减少而增加。**人类健康和社会经济系统——更小程度上还有生态系统——的脆弱性取决于经济状况和体制结构。这意味着发展中国家因其经济、体制状况较为不利,故其各系统也更加脆弱。居住在干旱或半干旱地区、低洼沿海地区、缺水或易发洪涝地区或小岛屿上的人们对气候变化尤感脆弱。由于江河流域和沿海平原等敏感地区的人口密度不断扩大,某些区域对风暴、洪水、干旱等灾害更感脆弱。人类活动分散了许多自然景观,增加了管理较少或未加管理的生态系统的脆弱性。分散限制了自然适应潜力,也限制了帮助这些系统适应的措施的潜在功效,如提供迁徙走廊。变化气候对生态和社会经济系统近期最可能的影响将是改变通常天气灾害,如风暴、洪水和干旱的强度和季节、地理分布。在大多数此类例子中,脆弱性可通过增强适应能力来减低。

**监测将很困难,未预想到的变化不能排除。**明确监测许多生态和社会系统中气候引起的变化将在未来几十年里是极其困难的。这是因为这些系统很复杂,许多反馈为非线性,并对大量的气候和非气候因素均敏感,而所有这些预计将同时继续发生变化。开发能预测没有气候变化情况下的未来条件的基准是关键,因为对照该基准可以测量出所有预测的影响。由于未来气候将超出经验知识的边界(即过去气候变率影响记载),更可能的实际结果将是出现令人吃惊的事情和出现意想不到的快速变化。

**进一步研究和监测十分重要。**进一步支持研究和监测,包括国内、国际和多边机构的合作努力十分重要,这样可有助于大大改进区域尺度气候预测,了解人类健康、生态和社会经济系统对气候和其他重要因素变化的反应,改善我们对适应战略的功效和成本效益的了解。

### 3.1 陆上和水上生态系统

生态系统包含了地球的全部遗传和物种多样性的总体,并提供对个人和社会都至关重要的许多物品和服务。这些物品和服务包括:(1)提供食品、纤维、药品和能量;(2)加工和储存碳和其他营养物;(3)废品吸收、水净化、水径流调节及洪水、土壤贫瘠化和海滩侵蚀控制;以及(4)提供娱乐和旅游机会。这些系统及其提供的功能对气候变化的程度和速度很敏感。图1表明年平均温度和年平均降水能与世界上主要生物量的分

布相互关联。

许多生态系统的结构和地理分布会随着单个物种对气候变化的反应而变化;生物多样性以及生态系统给社会提供的物品和服务都将可能减少。气候达到新的平衡后,某些生态系统则还需几个世纪才能达到新的平衡。

**森林。**模式预测如全球平均温度持续增加1度,就足以引起影响许多地区森林生长和再生能力的区域气候变化。在一些情况下,这将明显改变森林的功能和结构。由于在相当CO<sub>2</sub>倍加条件下温度和水供应可能发生变化这一结果,世界上现有森林覆盖地区的相当部分(全球平均三分之一,因地区从七分之一到三分之二不等)将在大范围植被类型方面发生重大变化,高纬度地区变化最大,热带地区变化最小。相对于森林物种的生长、再生和重建速度,气候变化的速度预计很快。对于中纬度地区,未来100年全球若平均增温1—3.5度

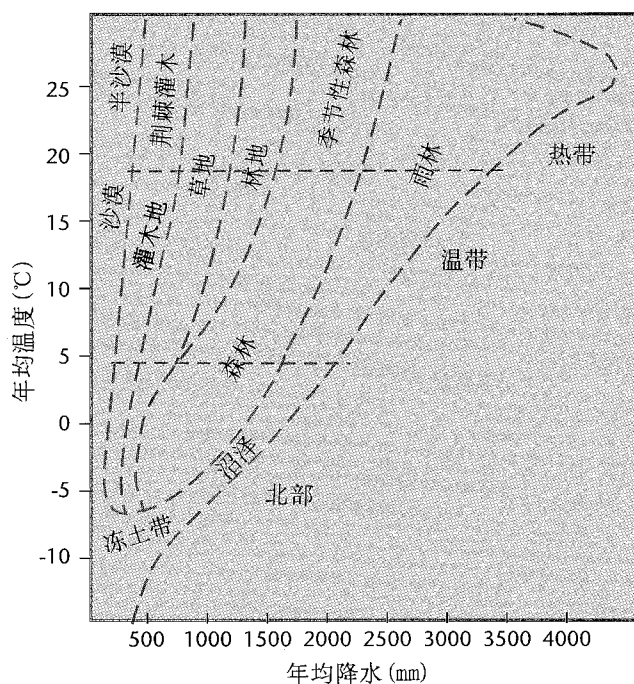


图1:此图表明年平均温度和年平均降水量与世界上主要生物量的分布相互联系。这些年平均值在影响这一分布时的作用是很重要的,但应该指出生物量的分布还非常取决于季节因素,如干季的长度或最低绝对最小温度,取决于土壤性质,如蓄水能力,取决于土地使用历史,如农业和畜牧,并取决于干扰规律,如火灾频率。

的话,则相当于把现在的等温线向极地方向移动了约150—550公里或相当于将海拔高度提高了150—550米;在低纬度地区,温度一般会比现在增加到更高水平。这是与过去树木物种迁徙速度相比较而言的,据认为,那时的速度是每世纪约4—200公里。因此森林物种的构成可能会变化,整个森林的物种会消失,而新的生物群体,也即新的生态系统会建立起来。图2描绘在目前和倍加相当CO<sub>2</sub>气候下生物量的潜在分布。尽管净初级生产力会增加,但森林的固定生物量不会增,因为虫灾和病毒的发生更频繁,范围更大,火灾频率和强度增加。森林在类型转换过渡期间会向大气中释放大量的碳,因为高森林死亡率时期损失碳的速度高于从生长到成熟过程中获得碳的速度。

**草场。**在热带草场,平均温度增加不会导致生产力和物种构成的重大变化,但改变降雨量和季节性并增加蒸散可导致这一点。大气CO<sub>2</sub>浓度增加会提高食草动物草料的碳氮比率,因而减少其食物价值。温带草场的温度和降水变化会导致草原、森林和灌木地之间的生长季节和边界改变。

**沙漠和荒漠化。**沙漠可能会变得更加极端——在这种极端情况下,预计它们将基本无例外地变得更加炎热,而不是明显地更加潮湿。温度增加对在耐热极限附近生存的有机物会是一种威胁。对水平衡、水文和植被的影响尚不确定。根据联合国荒漠化公约的定义,荒漠化是指由于各种因素包括气候变率和人类活动引起的干旱、半干旱和干副潮湿地区的土地退化。如果环境变得更干,土壤因侵蚀和板结变得更加退化,荒漠化更有可能变得不可逆转。适应干旱和荒漠化可依靠开发多种多样的生产系统。

**冰雪圈。**模式预测在未来100年现有山地冰川量的三分之一到二分之一会消失。冰川范围和雪盖深度的下降也会影响江河水流的季节分布及水利发电和农业的水供应。预计的水文变化和永冻层地区范围和深度减少会导致基础设施的大规模破坏,导致额外CO<sub>2</sub>进入大气层,并导致甲烷(CH<sub>4</sub>)进入大气层的过程发生变化。海冰范围和厚度的缩小会增加目前受季节冰盖影响的河流和沿海地区航行的季节期限,并会增加北冰洋的适航性。今后50—100年间,格林兰岛和南极冰层范围预计不会发生什么变化。

**山地地区。**气候变暖引起的山地冰川、永冻层和雪盖范围的预计缩小将影响水文系统、土壤稳定和有关社会经济系统。植被的高度分布预计将移向更高海拔,由于栖息地的消失或迁徙潜能的减少,一些限于山顶气候范围的物种会灭绝。许多发展中国家的山地资源,

如当地居民的食品和燃料会遭到破坏。对许多地区经济变得日益重要的娱乐业也可能遭到破坏。

**湖泊、溪流和湿地。**内陆水上生态系统将因气候变化改变水温、水流体系和水位而受到影响。在湖泊和溪流中,增温会产生最大生物影响的有:高纬度,该地区生物的生产力会提高;寒水—冷水物种范围的低纬边界,该地区的灭种率会最高。较大、较深温带湖泊的增温会增加它们的生产力,虽然在一些浅湖泊溪流中,增温可增加缺氧条件的可能性。水流变率提高、特别是大旱涝频率提高、期限拉长,会降低水质和生物生产力及缩小溪流中的栖息地。水位下降受害最重的将是干蒸发流域里的湖泊溪流和小蓄水流域。湿地的地理分布有可能随着温带和降水的变化而转移。气候变化将影响非潮汐湿地的温室气体释放,但就不同场地的准确影响情况尚不确定。

**沿海系统。**海岸系统在经济上和生态上都很重要,预计对气候和海平面变化会有很大的不同反应。气候变化和海平面上升或风暴或风暴潮变化会侵蚀海岸及其有关栖息地、增加港湾和淡水区的盐度、改变河流海湾的潮汐范围、改变沉积和营养物输送、改变沿岸地区的化学和微生物污染状况并增加沿岸洪涝。有些沿海系统正受到特别的风险,包括咸水沼泽、红树属植物生态系统、沿海湿地、珊瑚礁、珊瑚环礁及河流三角洲。这些生态系统的变化会对旅游业、淡水供应、渔业、生物多样性产生重大负影响。此类变化会进一步改变沿岸海洋和内陆水域的功能,人类活动已对这些地方带来了污染、物理变化、物资输入。

**海洋。**气候变化将导致海平面变化,平均而言使其增加,还会改变洋流、垂直混合、海浪气候并减少海冰覆盖。营养物提供、生物生产力、海洋生态系统的结果和功能、热和碳储存能力会受影响,气候系统会得到重要反馈。这些变化会影响海岸地区、渔业、旅游娱乐业、运输、沿岸结构和通讯。古气候资料和模式试验表明如果海冰或冰层运动和融化而来的淡水流入极大地减弱全球温盐环流,则会发生气候突变。

### 3.2 水文和水资源管理

气候变化将加剧全球的水文循环,并能大大影响区域的水资源。水在量和分布上的变化将影响家庭、工业、灌溉、水电、航运、溪内生态系统、水上娱乐的地下和地表水供应。

降水总量、频率和强度的变化能直接影响径流的大小和时间,能直接影响洪涝和干旱的强度;但在目



前，具体区域的影响程度尚不确定。温度和降水的较小变化，加上对蒸散和土壤湿度的非线性影响能导致径流的较大变化，特别是在干旱和半干旱地区。高纬度地

区由于降水增加，会出现径流增多，低纬度地区由于蒸散增加、降水减少的综合效应，会出现径流减少。较强降雨会增加径流及洪水风险，虽然这不仅仅取决于降

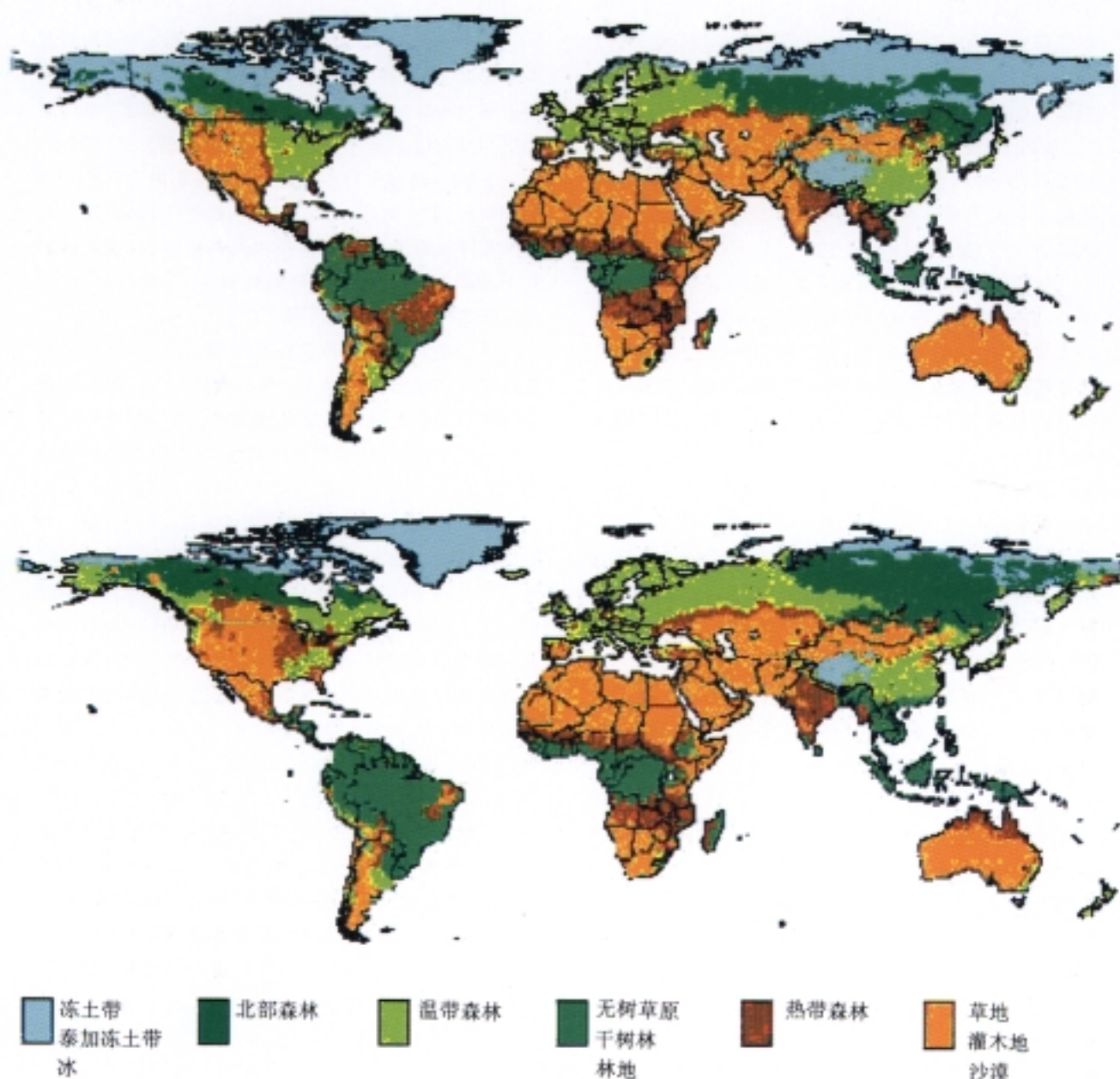


图2：在目前气候条件下世界主要生物量的潜在分布(图绘大气植物土壤系统(MAPSS)模式(top)模拟)。“潜在分布”指在每月输入降水、温度、湿度、风速情况下能在每个地点支持的自然植被。低产品表明世界主要生物量的预计分布， $2 \times \text{CO}_2$  相对浓度的效应模拟(GFDL 大气环流模式)，包括 $\text{CO}_2$  对植被的直接生理影响。两个产品均摘自：从全球范围看气候变化对区域植被和水文的敏感性，尼尔逊，R. P. 和D. 马克斯著，1994年。植被科学杂志，5, 715-730。

雨变化,而也取决于集水的物理和生物特性。气候增温可减少雪降水的比例,从而减少春季径流,增加冬季径流。

水供应的数量和质量已成为当今许多地区,包括一些低洼沿岸地区、三角洲和小岛屿面临的严重问题,使这些地方的国家对固有水供应的任何进一步减少特别感到脆弱。在有些国家(如科威特、约旦、以色列、卢旺达、索马里、阿尔及利亚、肯尼亚),水供应目前已降到每人每年1000立方米——水缺乏的通常标准——以下。还有的(如利比亚、埃及、南非、伊朗、埃塞俄比亚)在未来20、30年里预计要降到这个基点以下。此外,一些易发生冲突地区的国家十分依赖源自境外的水(如柬埔寨、叙利亚、苏丹、伊拉克)。

气候变化的影响如何将取决于水供应系统的基准条件,取决于水资源管理者有否能力应付气候变化,应付人口增长,应付需求、技术、经济、社会、立法等条件的变化。在有些情况下,特别是在具备水管理综合系统的富裕国家,花很小的成本来改进管理就可以使用户免受气候变化的影响,但在许多其他情况下,特别是在水受到限制而用户间争夺又强烈的地区,改进管理会造成很大的经济、社会和环境代价。水供应系统是否在未来能有重大演变,足以弥补气候变化预计对水资源的负影响,并弥补潜在的需求增长,对此专家们持不同意见。

气候发生变化,未来淡水供需的不确定性增加,这些可能要产生影响,而解决的方法包括更有效地管理现有供应及基础设施,从机制上安排限制未来需求/促进节约,改进旱涝监测预报系统,复兴流域地区(特别是热带地区),建设新水库能力以汇集储存雪融和暴雨形式变化而产生的过量水流。

### 3.3 粮食和纤维

**农业。**作物产量和气候变化带来的生产力的变化情况将随地方不同而大有区别,因而使生产方式发生变化。预计生产力在有些地区将增加,而在其他一些地区,特别是在热带和亚热带将减少(表2)。但是现有研究表明,总的就基准生产而言,在加倍相当CO<sub>2</sub>平衡条件下,在大气环流模式(GCM)模拟的气候变化情况下,全球农业生产是可以维持的,但区域差异会很悬殊。这一结论考虑了CO<sub>2</sub>施肥的有利影响,但未考虑农业虫害的变化及改变气候变率的可能影响。

专注于全球农业生产不能解决地方和区域范围,甚至是低纬度地区巨大差异的潜在严重后果。在一些

地区,饥饿和饥荒的风险会增加;世界上众多穷人,特别是那些住在亚热带和热带地区,在干旱、半干旱地区依赖独立农业系统的人最受饥饿增加带来的风险。这些遭受风险的人口中许多分布在次撒哈拉非洲,在东亚、东南亚,在拉美的热带地区,在某些太平洋岛国。

适应——诸如改变作物和作物品种、改进水管理和灌溉系统、改变种植时间和耕种习惯——这些都将对限制消极影响、利用气候的有利变化是很重要的。适应的程度取决于有多少此类措施,特别是发展中国家,取决于获得诀窍和技术,取决于气候变化速度和生物物理机制,如水供应、土壤特征、作物遗传。适应战略的增长成本会给发展中国家造成严重负担,有些战略会给某些国家节省成本。如何成功地适应未来气候变化,各地区的能力情况尚很不确定。

牲畜生产会受粮食价格和草场、牧场生产力的变化影响。总的来说,分析表明强化牲畜管理系统对适应是有很大潜力的,是大于作物系统的。草场系统可能不是这种情况,采用技术的速度较慢,人们认为技术变化会有风险。

**森林产品。**由于气候和非气候因素,全球木材供应在下个世纪会越来越不够满足未来的消费。由于未来气候变化的影响,北部森林可能将不规律、大规模地损失活树。这种损失会造成乱砍滥伐以增加木材供应,但从长远看会严重减少正常储量及木材产品供应。这种情况发生的具体时间和程度尚不清楚。气候和土地使用对温带森林产品生产的影响预计比较小。在热带地区,由于人类活动这一非气候原因,森林产品的提供预计将下降约一半。

**渔业。**气候变化效应与普通过量捕捞、养殖面积减少、大量海岸及近海污染交互发生作用。从全球范围看,海洋渔业生产预计保持大致相同;假设自然气候变率和海洋环流结构和强度保持大致相同,则高纬度水产养殖生产可能会增加。随着物种混合和繁殖中心转移,国家和地方都能感到那些重要的影响。气候变化的积极影响,如在高纬度能延长生长季节、降低冬季死亡率、加快生长速度可以被消极因素,如已有再生形式、迁徙路线及生态系统关系的变化而抵销。

### 3.4 人类基础设施

气候变化及导致的海平面上升能对能源、工业及运输基础设施、人类居住、财产保险业、旅游业、文化系统及价值产生一些消极影响。

表 2: 相当 2 x CO<sub>2</sub> 平衡 GCM 构想选择作物研究结果

区域	作物	产量影响(%)	备注
拉美	玉米	-60 至增加	资料来源:阿根廷、巴西、智利、墨西哥,范围跨 GCM 构想,带有和不带有 CO <sub>2</sub> 影响。 资料来源:阿根廷、乌拉圭、巴西,范围跨 GCM 构想,带有和不带有 CO <sub>2</sub> 影响。 资料来源:巴西,范围跨 GCM 构想,带有和不带有 CO <sub>2</sub> 影响。
	小麦	-50 至 -5	
	大豆	-10 至 +40	
前苏联	小麦	-19 至 +41	范围跨 GCM 构想和地区,带有 CO <sub>2</sub> 影响。
	粮食	-14 至 +31	
欧洲	玉米	-30 至增加	资料来源:法国、西班牙、北欧,带有适应和 CO <sub>2</sub> 影响,假设延长季节、灌溉效率损失和北向移动。 资料来源:法国、英国、北欧,带有适应和 CO <sub>2</sub> 影响,假设延长季节、北向移动、增加虫害并降低作物歉收风险。 资料来源:英国和北欧,假设虫害增加而作物歉收风险降低。
	小麦	增加至减少	
	蔬菜	增加	
北美	玉米	-55 至 +62	资料来源:美国和加拿大,范围跨 GCM 构想和场地,带有/不带有适应和带有/不带有 CO <sub>2</sub> 影响。 资料来源:美国,CO <sub>2</sub> 和适应较不严重或有增加。
	小麦	-100 至 +234	
	大豆	-96 至 +58	
非洲	玉米	-65 至 +6	资料来源:埃及、肯尼亚、南非、津巴布韦,范围跨研究和气候构想,带有 CO <sub>2</sub> 影响。 资料来源:塞内加尔,携运能力降 11-38%。 资料来源:南非,农业区移动。
	小米	-79 至 -63	
	生物量	减少	
南亚	水稻	-22 至 +28	资料来源:孟加拉国、印度、菲律宾、泰国、印度尼西亚、马来西亚、缅甸,范围跨 GCM 构想,带有 CO <sub>2</sub> 影响,一些研究还考虑了适应。
	玉米	-65 至 -10	
	小麦	-61 至 +67	
中国	水稻	-78 至 +28	包括雨浇和灌溉水稻,范围跨场地和 GCM 构想,遗传变率提供了适应范围。
其他亚太地区	水稻	-45 至 +30	资料来源:日本和南朝鲜,范围跨 GCM 构想,一般日本北部为正数而南部为负数。 资料来源:澳大利亚和新西兰,区域变率。 资料来源:澳大利亚和日本,变率大,视耕作方式而异。
	牲畜饲养	-1 至 +35	
	小麦	-41 至 +65	

注:对于大多数地区,研究是集中在 1 或 2 种主要粮食上。这些研究充分表明各国家、构想、分析方法、作物之间的产量影响估计是有差异的,难以将结果概括到所有地区或不同气候构想。

总的来说,与农业或自然生态系统的敏感性相比,能源、工业和运输部门的敏感性比较低,通过管理和正常资本更替来适应的能力预计较高。但是这些部门的基础设施和活动易受突变、意外、不断增加频率和强度的极端事件的影响。对气候变化最敏感的下一级部门和活动包括农业、能源需求、可再生能源生产(如水电和生物量)、建筑、某些运输活动、现有减洪结构、许多地区的运输基础设施(包括脆弱的海岸地区和永冻层地区)。

气候变化将明显地使某些沿岸人口对洪水和土地侵蚀损失更感脆弱。据估计,目前每年有约4千6百万人受到风暴潮引起的洪水威胁。这一估计是这样得来的:按目前的保护水平和人口密度,将居住在受海洋洪涝潜在影响地区的人口总数与这些地区任一年的洪水概率相乘。如不采取适应措施,海平面每上升50厘米,上述数字就会增加到9千2百万左右;每升高1米,该数字就会增加到1亿1千8百万。如加上未来人口增长,此估计值会大大上升。一些小岛屿国家和其他国家将更加脆弱,因为他们现有的海洋和海岸防御体系尚未建好。人口密度越大的国家,越易受影响。对这些国家来说,海平面上升会迫使人口作内部或国际性迁徙。

进行了一些评估海平面上升1米的敏感性研究。这一增加是IPCC工作组2100年评估值范围的高值,但应指出2100年后实际预计海平面还将继续上升。利用1米预测值进行研究能表明小岛屿和三角洲面临的特殊风险。土地损失估计范围:按现在的防护体系状态,乌拉圭0.05%,埃及1%,荷兰6%,孟加拉国17.5%,马绍尔群岛的马朱罗环礁岛约80%。还有众多的人会受到影响,例如中国和孟加拉国各约有7千万。许多国家的资本损失额已超过国内生产总值(GDP)的10%。虽然许多国家的年防护费用比较低(约占0.1%的GDP),但许多小岛屿国家的年均费用总数已达几个GDP百分点。对某些岛国来说,提供风暴潮保护的费用太高,基本做不到,特别是在投资资本有限的情况下。

最脆弱的人类居住地是在易受损害、没有资金对付影响的发展中世界地区。有效的海岸带管理和土地使用规划能有助于指导人口从脆弱地区转移,如洪涝平原、陡峭山坡、低洼海岸线。对人类居住潜在独特并破坏性影响之一是人口被迫在国家或国际范围内迁徙。灾害援助计划能抵销气候变化的某些更严重消极后果并减少生态难民。

财产保险业极易受极端气候事件的影响。气候变化极端事件风险越高,会导致保险费越高,或导致一些

脆弱地区撤销对财产的保险。气候变率的变化和极端事件的风险很难监测或预报出来,因此使保险公司难以适当调整保险费。如果这种困难会导致亏损,这些公司可能就无法兑现保险合同,从而在经济上会削弱其他部门,如银行业。自1987年以来,一系列“10亿美元”的风暴使损失额急剧增加,保险费提供量减少,成本上升,使保险业目前处于压力之中。保险业里的一些人已察觉到目前的趋势是极端气候事件在频率和严重性上都在增加。虽然在自然变率范围内可能已发生这种变动,但从长期变化背景看,光审查气象资料不能支持这种感觉。损失上升充分表明脆弱地区的基础设施和经济财富增加了,另外极端天气事件的强度和频率可能变了。

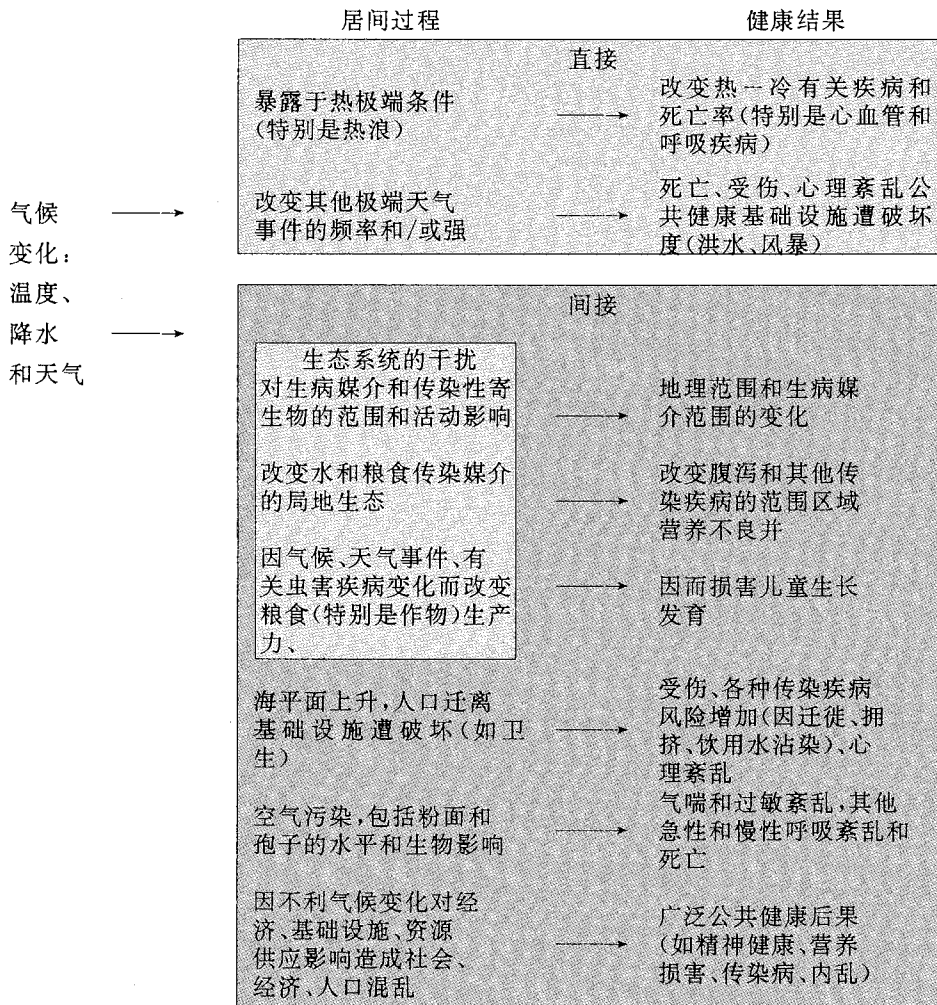
### 3.5 人类健康

气候变化可能会对人类健康造成广泛、极不利影响,造成重大生命损失。这些影响的引起既可是间接的,也可是直接的(图3);从长期看,间接影响可能起主导作用。

直接健康影响包括(主要是心肺)因热浪强度和持续时间预计增加而造成死亡率和疾病增加。较冷地区温度上升会导致寒冷死亡减少。极端天气的增加会造成死亡、受伤、心理紊乱的范围扩大和受污染水供应的影响面扩大。

气候变化的间接影响包括传病媒介传染病(如疟疾、登革热、黄热病和一些病毒性脑炎)的潜在传播,原因是传病媒介有机体的地理范围和季节扩大。模式(有必要的简化假设)预测表明因应IPCC预测范围(2100年时3-5度)上部的全球温度上升,潜在疟疾传播的地理带到下个世纪下半叶会从世界人口的约45%增加到约60%。这会导致疟疾范围的潜在增加(每年约增加5-8千万例,全球背景总数预计为5亿例)主要是热带、亚热带和欠保护温带地区人口。诸如沙门菌病、霍乱和梨形鞭毛虫病等非传病媒介携带的传染病也会因温度上升、洪涝增加而有所增多。

增加的间接效应包括因气候增强而增加的某些空气污染物、粉尘、霉菌孢子带来的呼吸和过敏紊乱。空气污染和严重天气事件结合起来可增加发病率和死亡率的可能性。因粮食和渔业生产力受到不利影响,一些地区的营养状况会下降,淡水供应受到限制也将影响人类健康。



注：自然、技术和社会资源水平不同的人在对气候影响健康方面脆弱性也不同。

图 3：气候变化影响人类健康的方式。

量化未来影响是很难的,因为气候导致的身体紊乱程度取决于大量共存并相互作用的因素;这些因素是说明特定人口脆弱方面特点的,包括环境和社会经济状况、营养和免疫状况、人口密度、高质量健康保健服务。减少健康影响的适应方案包括保护性技术(如遮盖、空调、水清洁、免疫)、防灾、合适的健康保健。

#### 4. 减少排放和增强温室气体的汇的方案

人类活动正直接增加着几种温室气体,特别是CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、卤碳、硫六氟化物(SF<sub>6</sub>)、一氧化二氮(N<sub>2</sub>O)的大气浓度。CO<sub>2</sub>是这些气体中最严重的,其次是CH<sub>4</sub>。

人类活动还间接影响水汽和臭氧浓度。大量减少净温室气体排在技术上是可能的,经济上也是可行的。这种减少的途径可以是利用各种技术和政策措施,这些措施是为促进各部门包括能源、工业、运输、居住/商业和农业/林业等部门的技术开发、普及和转让。到2100年,世界商业能源系统实际上将至少有两次更替,能提供在不必要过早退出股本的情况下而改变能源系统的机会;工业、商业、居住、农业/林业等部门的大量股本还将被更替。这些资本更替循环为使用新的、更佳性能的技术提供了机会。应该指出,第二工作组的分析不是要把可与减排措施有关的潜在宏观经济结果加以量化。有关宏观经济分析的讨论是在IPCC第三工作组为第

二个评估报告所作贡献之中。技术潜力和成本效益的实现程度取决于是否有首创精神去克服信息不足、去克服阻碍技术普及和行为改变的文化、体制、法律、财务和经济障碍。减排方案能在可持续发展标准范围内谋求实施。但是与温室气体排放减少无关的社会环境标准会限制每项方案的最终潜力。

#### 4.1 能源、工业过程和人类居住排放

几乎两个世纪以来,全球能源需求以约2%的年均速度增长,虽然能源需求的增长因时间和区域不同而有很大变化。在出版的文献中,用了不同的方法和常规说明能源消费的特征。例如根据对部门的界定和对能源形式的处理,这些常规而有所不同。根据各国能源总计收支,1990年全世界消费了385EJ的初级能源,排放了CO<sub>2</sub> 6GtC。其中279EJ被送往终端用户,占消费点CO<sub>2</sub>的3.7GtC排放。其中的106EJ被用于能源转换和

散发,占CO<sub>2</sub>的2.3GtC排放。1990年,3个最大的能源消费部门是工业(CO<sub>2</sub>总释放的45%)、居住/商业部门(29%)、运输(21%)。在这些当中,运输部门能源使用及有关CO<sub>2</sub>排放在过去20年是增长最快的。至于本报告中对部门排放方案的详细评估,1990年能源消费估计是基于一系列文献,各种常规被用来界定这些部门和其能源使用,总量估计为259-282EJ。

图4说明的是世界主要地区的能源有关的总排放。经济合作和发展组织(OECD)国家一直是主要能源用户和化石燃料CO<sub>2</sub>排放者,虽然他们的全球化石燃料碳排放份额在下降。发展中国家,作为团体,在全球CO<sub>2</sub>排放总量中所占份额比工业化国家——OECD和前苏联/东欧(FSU/EE)——所占份额要小,但大多数预测表明随着经济和人口增长,发展中国家的未来份额将增长。未来能源需求预计将继续增长,至少在下个世纪上半叶是这样。IPCC(1992年,1994年)预测如不进行政策干预,工业、运输、商业/居住建设部门的排放将大

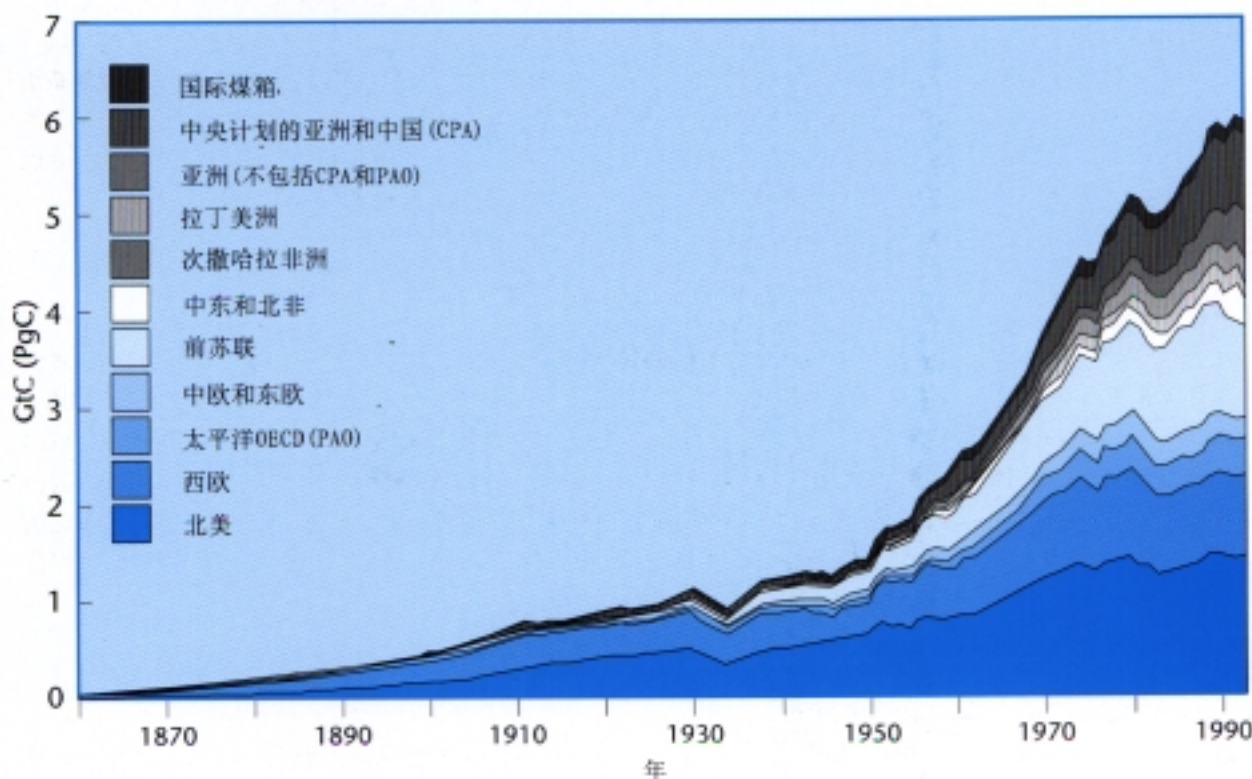


图4:世界主要地区全球能源有关CO<sub>2</sub>排放,单位GtC/年。出处:基灵,1994年;马兰德等,1994年;格鲁不勒尔和那基斯诺布奇,1992年;埃特曼德和鲁西阿尼,1991年;富士,1990年;联合国,1952年(参考信息请见能源入门)。

大增长。

#### 4.1.1 能源需求

大量研究表明在未来20—30年,通过采取技术节能措施和改进管理作法,世界上许多地区的能源效率可比现在提高10—30%,而只需用很少净成本或无净成本。有些技术是从输入的一定能量中获得最高能源服务输出的,如在这同一时期许多国家利用这类技术可以将能源效率增加50—60%。取得这些潜力取决于未来成本减少、融资、技术转让及克服各种非技术性障碍的措施。因为有能力转换燃料和能源,所以温室气体排放减少的潜力将超过能源使用效率的潜力。因为能源使用在全球范围的增长,因此既使用更有效的技术代替目前的技术仍会导致未来的CO<sub>2</sub>排放的绝对增加。

1992年,IPCC制订了6个未来能源使用及有关温室气体排放(IPCC,1992年,1995年)的构想(IS92a—f)。这些构想提供了各种未来温室气体排放的可能水平,但没有减排措施。

第二个评估报告以部门为基础对未来能源使用作了更详细的重新审议。根据现有研究,既审议了采取新减排措施和未采取新减排措施的情况。尽管用的是不同评估方法,但如果不采取新措施,则能源消费到2025年的增加范围大致相同于IS92的范围。如果继续过去的趋势,除运输部门外,温室气体排放的增加将慢于能源使用。

下列段落总结了IPCC第二个评估报告估计的能源效率改进潜力。为取得这些潜力,需要强有力的政策措施。虽然减少与能源有关的温室气体排放取决于能量的源。但减少能源使用将总地导致温室气体排放的减少。

**工业。**1990年的能源使用估计为98—117EJ,如不采取新措施,到2025年预计将增加到140—242EJ。各个国家在其目前工业能源使用及能源有关的温室气体排放趋势上有着很大差别。通过工业结构调整和技术革新,大多数工业化国家工业部门的能源有关的温室气体排放预计将稳定下来或降低。而主要由于工业发展的缘故,发展中国家的工业排放预计将增加。主要工业化国家生产部门能源效率改进的短期潜力估计为25%。温室气体排放减少的潜力更大。减少该部门能源有关的排放技术和措施包括改进效率(如能源和材料节省、联合发电、能源串联、蒸汽恢复并使用更有效的发动机和其他电力装置),回收材料、转用温室气体排

放较低的材料,开发能源材料使用少的过程。

**运输。**1990年的能源使用估计为61—65EJ,如不采取新措施,预计将增长到90—140EJ。通过机车使用非常有效的驱动轮系、轻重量结构、低空气阻力设计,同时不降低舒适和性能,到2025年的能源使用预计能减少约三分之一,为60—100EJ。通过使用较小车辆,改变土地使用格局、运输系统、机动格局、生活方式,转向能源力度较小的运输方式能够进一步减少能源使用。通过使用可再生源的替代燃料和电力可减少每单位能量使用的温室气体排放。这些措施加起来可提供机会,使全球运输能源有关的温室气体排放减少40%(按2025年预计排放的量)。减少运输能源有关的温室气体排放的行动能同时解决其他诸如局地空气污染等问题。

**商业/居住部门。**1990年的能源使用估计约为100EJ,如不采取新措施,预计到2025年将增加到165—205EJ。在不缩小服务范围情况下,通过使用能源有效技术,到2025年,预计的能源使用可减少约四分之一,为126—170EJ。温室气体排放减少的潜力更大。技术变化可包括通过建筑结构和更有效的空气调节和水供应系统、照明、电器降低热交换。增加植被、扩大建筑表面的反射、减少空间调节所需能源,能够减少城市地区的周围温度。这些是靠减少能量使用,除此之外减少与能源有关的温室气体排放可以靠改变能量的源。

#### 4.1.2 减少工业过程和人类居住排放

在生产和工业过程期间,如生产钢铁、铝、氨、水泥及其他材料,会释放与过程有关的温室气体,包括CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O、卤碳、SF<sub>6</sub>。在有些情况下,大量减少是可能的。措施包括调整生产过程、消除溶剂、更替原料、材料替换、增加回收、减少温室气体材料的消费。利用土地填物和下水处理设施,降低机动和固定源卤碳冷冻剂的泄露率也能导致温室气体的大量减少。

#### 4.1.3 能源供应

该评估集中在资本投资的新技术,而非集中在利用碳强度较低形式初级能源现有股本的潜在翻新。在能源供应部门进行深排放减少,老化、过时的基础设施和设备及时更换,这两者同步进行在技术上是可行的。这些深排减方案当中的许多还将减少二氧化硫、一氧化二氮及挥发性有机化合物的排放。下面将介绍有前景但未按轻重次序排列的手段。

#### 4.1.3.1 化石燃料使用中的温室气体减少

**化石燃料的更有效转换。**新技术使转换效率有了极大增加。例如长期而言,发电生产效率能从目前约30%的世界平均量增加到60%以上。还有,利用综合热电生产——不管是过程热还是空间热——都会极大地提高燃料转换效率。

**转向低碳化石燃料并抑制排放。**从煤转向石油或天然气,及从石油转向天然气能减少排放。天然气在所有化石燃料中单位能量CO<sub>2</sub>排放量最低,约为14公斤C/GJ;相比之下石油约20公斤C/GJ,煤约25公斤C/GJ。总的来说,含碳量较低的燃料能以比煤要高的效率转化。许多地区存有大量的天然气资源。新的、低成本、高效率综合循环技术已大量减少了一些地区的电力成本。天然气有可能取代运输部门的石油。减少天然气管道的CH<sub>4</sub>排放和石油气井及煤矿的CH<sub>4</sub>和/或CO<sub>2</sub>的排放的办法是存在的。

**烟道气体和燃料的脱碳及CO<sub>2</sub>储存。**化石燃料电站气体的CO<sub>2</sub>排除和储存是可行的,但这会减少转换效率并大量增加电的生产成本。另外一个脱碳办法是使用化石燃料原料制作富氢燃料。两个办法都产生CO<sub>2</sub>副产品,从例如储存于已空的天然气田中流出。未来可提供的转换技术,如可有效使用氢的燃料电池,会增加后一种办法的相对吸引力。对一些较长期的CO<sub>2</sub>储存方案,其成本、环境效应、效力等仍很不清楚。

#### 4.1.3.2 转向非化石燃料能源

**转向核能。**如果反应堆安全、放射性废料运输及处理、核扩散等问题能够找到可普遍接受的对策,那么核能可以取代世界上许多地区的基本负荷化石燃料发电。

**转向可再生能源。**太阳、生物物质、风、水、地热技术已广泛使用。1990年,可再生能源占到世界初级能源消费的约20%,大部分是燃柴和水电。技术进步提供了新的机会,降低了这些能源的成本。从更长远而言,可再生能源可满足世界能源需求的绝大部分。电力系统可轻易解决间歇发电的有限部分,随着增加快速反应备份和储存装置,还能解决更高部分。在生物物质重新持续增长并被用于置换能量生产中的化石燃料情况下,随着生物物质转化成能量时释放的CO<sub>2</sub>通过光合作用再次固定在生物物质中,净碳排放既可避免。如果生物物质能源的开发也能有效解决其他环境问题及土地争用问题,则生物物质可为电力和燃料市场作出重

大贡献,也可为农村就业和收入增加提供前景。

#### 4.1.4 能源系统减排方案综合

与单个技术层次相比,要评估能源系统层次上的单个措施总和的潜在影响,可介绍低CO<sub>2</sub>排放能源供应系统(LESS)。LESS结构是探索可能的全球能源系统的“思想试验”。

假设如下:世界人口从1990年的53亿增到2050年的95亿,2100年的105亿。相对于1990年,国民生产总值到2050年增加7倍(工业化国家和发展中国家分别是5倍和14倍),到2100年增加25倍(工业化国家和发展中国家分别为13倍和70倍)。因为重视能源效率,初级能源消费的增长远慢于国民生产总值。能源供应结构的制订是为满足能源如下的需求:(1)IPCC的第一个评估报告(1990年)以低能源需求变数作的预测,据此全球初级商业能源使用约加倍,工业化国家无净变化,但发展中国家从1990年到2100年将增加4.4倍;(2)IPCC IS92a构想制订的较高能源需求变数是能源需求从1990年到2100年将增加4倍。LESS结构的能源需求水平与该第二个评估报告的能源需求减排篇章是一致的。

图5表明的是不同能源合在一起满足下个世纪需求的变化水平。分析这些变数可得出如下结论:

- 利用替代战略在50—100年时间里深减能源系统的CO<sub>2</sub>排放在技术上是可能的。

- 该报告中确定的方案经许多综合,可减少全球化石燃料CO<sub>2</sub>排放,从1990年的约6GtC减至2050年的约4GtC/年,到2100年减至约2GtC/年(见图6)。在替代LESS结构中,从1990年到2100年的累积CO<sub>2</sub>排放约为450至约479GtC范围。

- 强调提高能源效率可以深减CO<sub>2</sub>排放,可以增加供应方综合的灵活性,可以减少总的能源系统成本。

- 与今日水平相比,在LESS结构中,跨区域能源贸易在增长,这为非洲、拉丁美洲、中东在下个世纪的可持续发展增加了选择方案。

相对于常规能源成本,每个LESS变数的能源服务成本取决于尚很不清楚的相对未来能源价格,取决于替代技术的性能和成本特征。但是在未来能源价格的大范围里,一个或更多变数有可能能够提供所需能源服务,其估计成本约同于目前常规能源的未来估计价格。再长时期的未来最低成本能源系统则无法确定,因为各选择方案的相对成本取决于尚不十分了解的资源限制和技术机会,取决于各国政府和私人部门的行动。



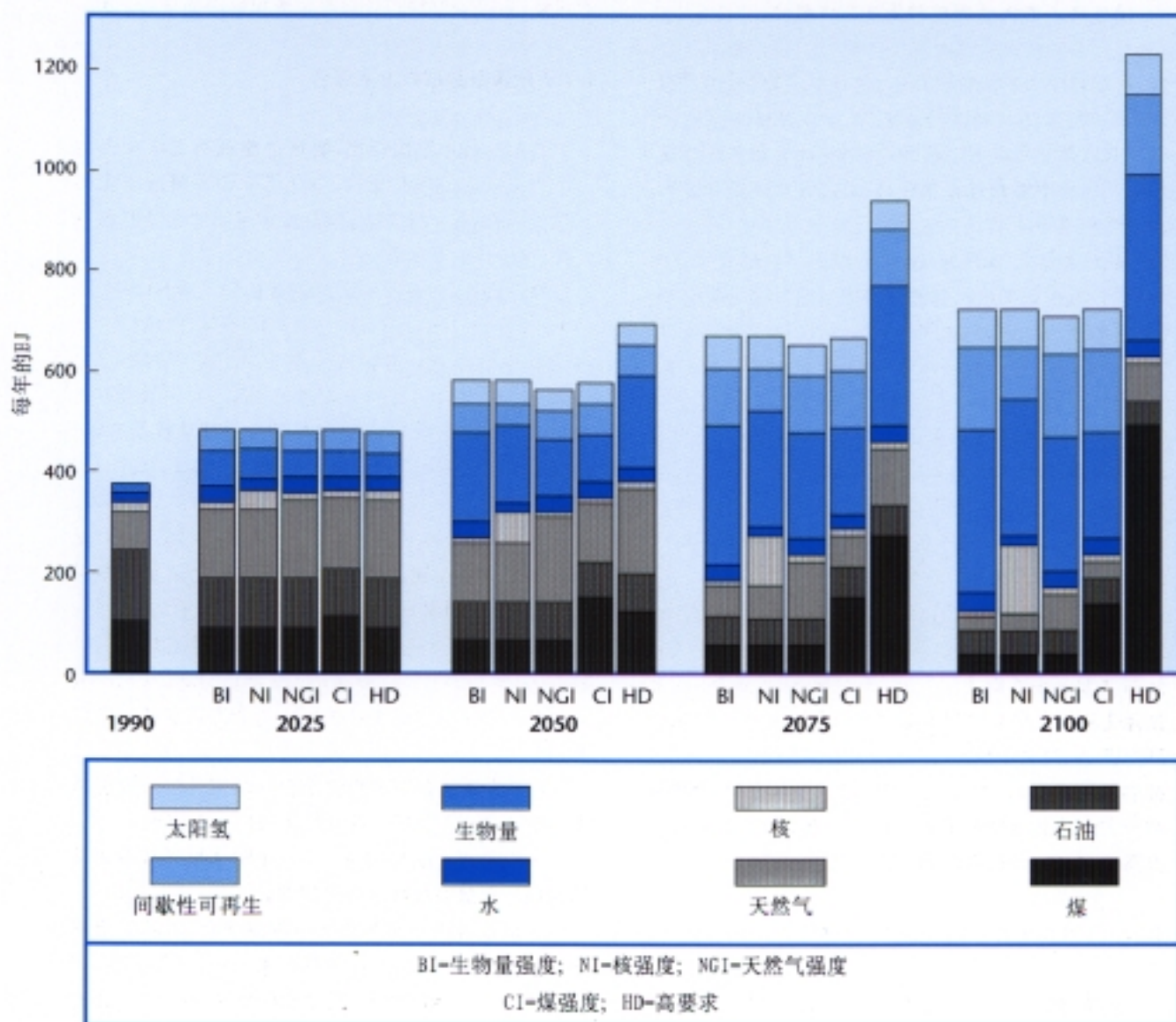


图5：替代型低CO<sub>2</sub>排放能源供应系统(LESS)结构的全球初级能源使用情况，各替代方案是为满足一定时间范围的不同能源需求水平，同时利用了各种燃料混合。

在未来20年,LESS结构设想的能源技术的性能和成本特征可否取得,文献对其可行性给予强有力支持,虽然在科研开发工作完成之前,及各项技术经市场测试之前,上述可行性还无法确定。另外,如不对科研、开发和展示(R D&D)给予强有力和持续投资,就不可能取得这些性能和成本特征。正在开发的许多技术会需要初始支持,以便进入市场,以便达到足够的量,能够降低成本,具有竞争力。

不同能源的市场渗透力和持续接受性最终取决于其相对成本、性能(包括环境性能)、机制安排、规定政

策。因为成本是随地方和用途不同而不同的,所有大量各种各样环境为新技术进入市场创造了初始机会。要想更深层地了解减少排放的机会就要求对各选择方案进行更详细的分析,同时考虑当地条件。

因为有大量的选择方案,故能源供应系统的演变会是灵活的,能源系统的发展道路会受非气候变化因素的影响,包括政治、环境(特别是室内和市内空气污染、酸化、土地恢复)、社会经济状况。

#### 4.2 农业、草场和森林

除使用生物物质燃料替代化石燃料以外,森林、农业土地和草场管理也能在减少目前CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O排放及增强碳汇方面起重要作用。在未来50年,通过采取一些措施可保持并隔离大量碳(光森林方面就约有60-90GtC)。在森林方面,将碳保持并隔离在生物物质和土壤中,其成本范围估计很大,但对于其他减排方案能有竞争性。影响成本的因素包括土地机会成本、种植和移植生长初始成本、培育成本、年维护和监测成本、交易成本。直接和间接利益将随国家情况不同而有所不同并可抵销成本。农业方面的其他做法可减少其他温室气体的排放,如CH<sub>4</sub>和N<sub>2</sub>O。土地使用和管理措施包

括:

- 维持现有森林覆盖
- 放慢森林砍伐速度
- 使自然森林重新生长
- 建立树木种植园
- 促进农业森林
- 改变农业土壤和草场管理
- 改进肥料使用效率
- 恢复退化的农业土地和草场
- 从贮存的肥料中提取CH<sub>4</sub>
- 改进反刍动物的食物质量

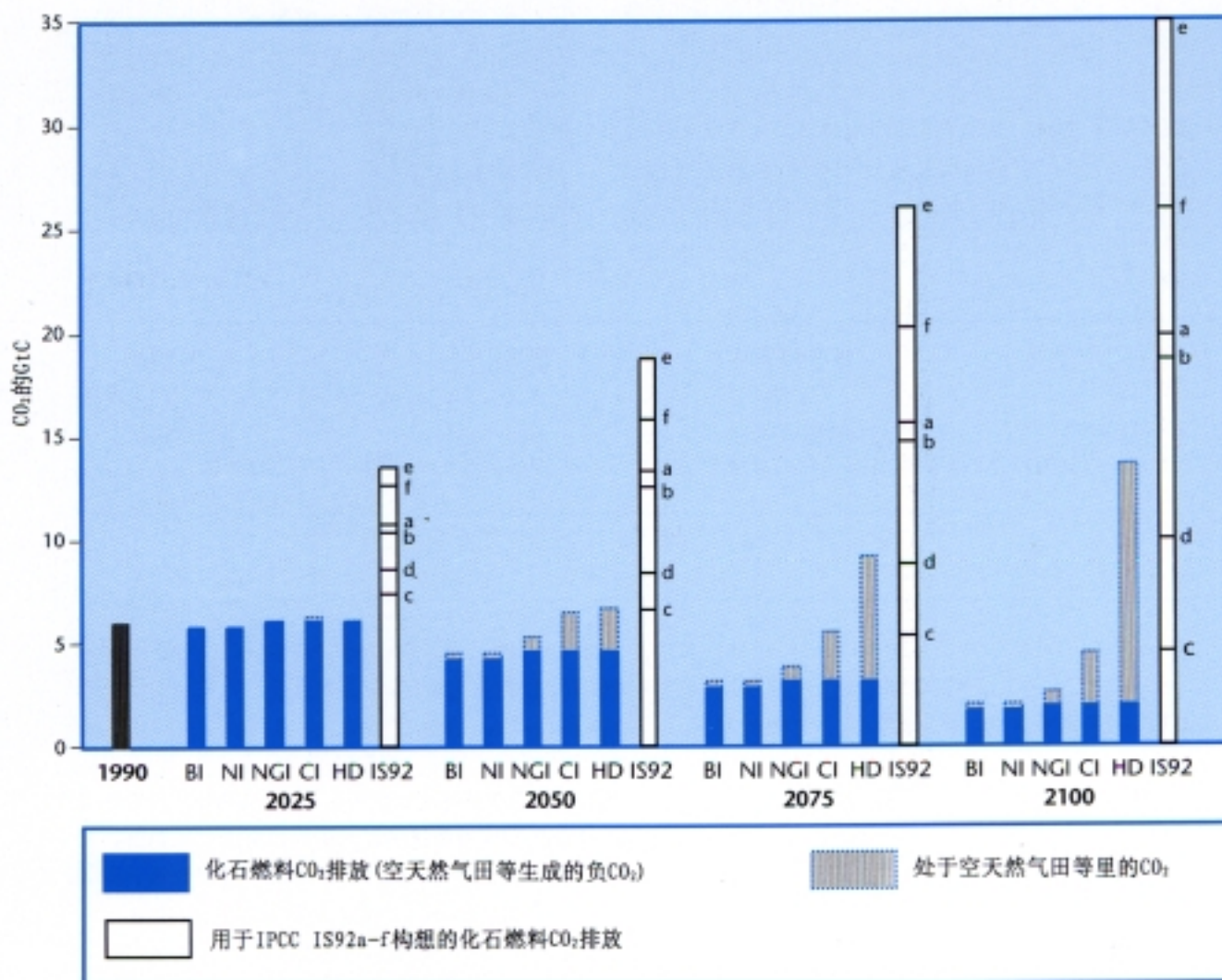


图 6: 与 IPCC IS92a-f 构想(缩略语定义见图 5)相比, 替换型 LESS 结构的化石燃料年 CO<sub>2</sub> 排放情况。

在特定森林管理做法和目前气候下，保持或隔离活生物物质中的每单位面积净碳量是比较好理解的。全球值估计中最大的不确定性是(1)适于植树、再生和/或恢复计划的土地提供量；(2)热带森林砍伐实际能减少的速度；(3)这些土地的长期使用(保障)；(4)在气候变化，已知温度、供水等的变化可能性情况下，特定地区某些做法的持续合适性。

#### 4.3 跨部门问题

跨部门评估不同组合的减排方案是集中在各种技术和做法的相互作用方面，这些技术和做法能潜在地减少温室气体的排放或隔离碳。从目前的分析可看出如下：

- 土地、水和其他资源的竞争使用。人口和经济的增长将扩大对土地和其他自然资源的需求，特别是提供粮食、纤维、森林产品和娱乐服务的需要。气候变化将与资源使用的格局激化相互发生作用。还会要求土地和其他资源来减少温室气体排放。在世界范围，特别是发展中国家的农业生产提高会提供更多的产生生物物质能源的土地。

- 地球工程方案。已建议采取一些地球工程办法抵销温室气体引起的气候变化(例如将太阳辐射反射器安于空间或将硫化物气溶胶射入大气层模拟火山爆发的降温影响)。这类办法通常可能没有效果，维持起来昂贵，并/或具有严重的多数尚缺乏了解的环境和其他影响。

#### 4.4 政策工具

减排取决于技术扩散和转让的障碍减少、资金动员、对发展中国家能力建设的支持，取决于帮助全球各地区实施行为改变和获得技术的其他办法。政策的最佳组合将因国家的不同而不同，取决于政治结构和社会接受能力。各国政府在运用这些政策方面发挥领导作用将有助于解决这些气候变化的不利结果。各国政府能够选择有助于较少温室气体增强技术的渗透、有助于改变消费方式的政策。确实，许多国家对能够促进这类技术的采用的各种政策都有广泛的经验。这一经验来自于过去20—30年为改进能源效率、减轻农业政策的环境影响、实现与气候变化无关的保护和环境目标的种种努力。如果减少净温室气体排放的政策是旨在解决阻碍可持续发展的其他问题(如空气污染和土壤流失)，则这些政策似更易实施。有些政策(其中某些可能需要在区域或国际范围里达成一致)能促进较少温室气体增强技术的渗透并帮助改变消费方式，包括：

- 落实合适的体制和结构框架
- 能源价格战略(如碳或能源税并减少能源补贴)
- 取消或减少增加温室气体排放的其他补贴(如农业和运输补贴)
- 可贸易的排放许可
- 自愿计划和与工业方谈判达成的协议
- 公益需求方管理计划
- 法规计划，包括基本能源效率标准(如电器和燃料节约)
- 刺激R D&D以提供新技术
- 刺激先进技术开发和应用的的市场吸引力和展示计划
- 市场营造过程中的可再生能源刺激
- 促进折旧率和降低消费者成本的刺激办法
- 教育和培训；信息和咨询措施
- 还支持其他经济环境目标的方案

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。

促进技术开发可减少温室气体排放并增强温室气体的汇，另需了解阻碍技术扩散到市场的障碍，而做到这些就需要各国政府和私人部门强化科研和开发工作。



---

**决策者摘要：**

**气候变化的经济和社会方面**

---

IPCC 第三工作组



# 决策者摘要： 气候变化的经济和社会方面

## 1. 导论

政府间气候变化专门委员会(IPCC)第三工作组创建于1992年11月,负责进行区域和全球层次的短期和长期气候变化的影响、适应和减缓措施等有关社会经济问题的技术评估。第三工作组通过其工作计划中的一些新规定来承担上述职责,它将社会经济发展置于可持续发展的框架内,并且按照联合国气候变化框架公约(UNFCCC)的要求,提供覆盖所有经济部门、所有温室气体源和汇的减缓与适应措施的综合分析结果。

本报告分析了气候变化有关社会经济方面现有的大部分文献,确定了在关键问题上已经达到共识的领域和仍存在分歧的领域<sup>①</sup>。章节有所安排以覆盖几个关键问题。第一,描述了采取或不采取行动相应成本与效益的社会经济评估框架,在此要特别注意成本效益分析的适用范围、公平和社会考虑的结合及世代间公平问题的考虑;第二,分析了限制温室气体源排放和增强汇吸收的经济与社会效益;第三,评估了减缓温室气体排放的经济、社会和环境成本;第四,评审了减缓和适应的一般应对措施,总结了不同应对措施成本和效果的评估方法,同时也讨论了综合评估的技术方案;最后,提出了应付气候变化政策手段的经济评估。

按照已批准的工作计划,气候变化有关社会经济文献的评估工作集中在经济文献方面;其它社会科学方面的内容大部分列在“公平和社会考虑”一章。报告是对现有知识的评估,即对我们目前所知道的和所不知道内容的评估,并不是对所执行政策的规定。各国可以利用报告中的信息,采取各国认为最适合各国情况的措施。

## 2. 评估范围

气候变化给决策者提出一大堆难以克服的问题:相当多的不确定性(这也是问题复杂的所在),不可挽回损失或成本的可能性,相当长的规划时间,在排放和影响结果之间的长时间滞后,气候变化原因和结果的区域间巨大差异,气候变化问题具有不可分割的全球特征并需要考虑多种温室气体和气溶胶。还有另外一个问题来自这样的事实,即有效地保护气候系统需要全球合作。

不管怎样,文献还是提出了可能对决策者有用的一些观点:

- 分析表明处理气候变化的一种谨慎办法就是采取减缓、适应和提高认识水平等一系列行动。每一国家这一系列行动会有所不同。问题不在于对下一个世纪现在就要找到最佳政策,而是要选取一种谨慎的战略,随着时间的推移根据新的知识来调整这一战略。

- 对于稳定大气中温室气体浓度目标(联合国气候变化框架公约第二条),早一点采取减缓行动可以增加许多灵活性。减排方式的选取涉及到在目前立即采取减排的经济风险(资本存量提前地退役之后将证实为不必要)和延迟减排的相应风险(将来需要更多的迅速减排,也需要使以后的资本存量提前退役)之间的平衡问题。

- 报告表明,在许多国家里存在着意义重大的“无悔”<sup>②</sup>机会,也同时表明,气候变化引起总净损失的风险、考虑避免风险和预防原则都要求采取超出“无悔”的行动。

- 有关气候变化过程、影响和社会应对措施方面更完善信息的价值可能很大。报告特别认为有关气候系统对温室气体和气溶胶的敏感性、气候变化损失函数以及一些变量如经济增长率和能源效率改进程度等方面信息具有很高的价值。有关减缓和适应措施的成本与效益以及它们未来数十年如何改变的最新信息也都有很高的价值。

- 气候变化有关社会经济问题的分析,特别是在没有开展很多工作的发展中国家,是一个优先级别很高的研究领域。一般地,需要开展有关气候变化决策综合评估和分析的研究工作,更进一步地,还需要开展能够推动非线性系统的经济学认识和新的经济增长理论方面的研究工作。能源效率技术以及非化石燃料能源选择方面的研究和开发也有很高的潜在价值。此外,还

<sup>①</sup> 联合国气候变化框架公约“气候变化”定义为气候的改变,它是由人类活动间接或直接地改变全球大气成份而造成的,在可比较的时间范围里它除自然气候变率以外是可以观测得到的。至于这一变化是否可能或者是否已经被证实的问题在IPCC第二次评估报告(SAR)气候变化科学卷部分中分析。

<sup>②</sup> “无悔”措施是那些产生效益的措施,例如减少能源成本和减少局地/区域污染物排放等于或超过对社会的成本,不包括气候变化减缓措施的效益。有时又称它们为“值得顺便采取的措施”。

需要开展制定可持续消费方式的研究工作。

为采取低成本和/或成本效果最好的减少温室气体排放和适应气候变化的措施,决策者可以根据已有的国际协议考虑以下一系列的可能行动:

- 采取提高能源效率措施,包括去除提高能源效率方面的机制障碍;
- 取消现有的导致温室气体排放增加的不合理政策和惯例,例如一些补贴和规定,非内在化的环境成本和不合理的运输价格;
- 采取从高碳强度向低碳强度燃料或者如可再生能源等无碳燃料转换的最经济措施;
- 采取措施增强温室气体“汇”和“库”,如改进森林管理和土地使用惯例;
- 采取措施并开发新技术,以减少甲烷、一氧化二氮和其它温室气体排放;
- 为减少温室气体排放鼓励进行国际合作,如采取协调一致的碳/能源税、共同执行活动和可贸易配额等方法;
- 促进制定并实施国家和国际的能源效率标准;
- 促进自愿行动,以减少温室气体排放;
- 开展教育、培训活动,采取措施提供可持续发展和消费方式方面的信息和咨询,可持续发展和消费方式有助于减缓和适应气候变化;
- 制定并采取措施,以适应气候变化影响;
- 开展研究活动,以更好理解气候变化的原因、影响和实施更有效的适应措施;
- 进行技术研究,以减少继续使用化石燃料的温室气体排放和开发商业性非化石能源;
- 建立更完善的机构体制,如更好地安排保险业以分担气候变化引起损失的风险。

### 经济学的贡献

- 稳定温室气体浓度的成本与效益估计,对最终目标浓度、达到这一浓度的排放方式、贴现率及有关技术与技能的可获性和成本方面的假定等都是敏感的。
- 尽管在经济政策评估时广泛使用GDP,但它普遍被认为不是一个最完善的社会福利指标,这主要是因为它没有考虑环境和自然系统的恶化。还是有其它方法试图考虑这些非市场价值和社会、生态可持续性,这些方法可以就气候变化如何影响社会福利提供一个更完整的指标体系。
- 在全球经济体系密切相关的情况下,某些区域或某些部门通过采取行动减缓气候变化的努力可能会

有抵消其经济效益的现象,即有增加其它区域或部门排放的风险(所谓的漏洞效应)。可以通过不同组别国家采取协调一致的行动而减少这些排放的“漏洞效应”。

- 报告建议,那些依赖经济杠杆以及协调手段而又符合最经济的灵活性政策,可以大量地减少减缓或适应措施的成本,或者提高减排措施的效益。

### 公平考虑

在考虑有关温室气体排放的公平原则及相关问题时,对确定政策来说,考虑气候变化框架公约特别是第3条、4.2a条款和11.2条款,以及里约宣言第二条原则和国际法的一般原则是十分重要的。

科学分析不能规定在执行公约过程中如何实行公平,但是可以明确各种可选方案及相应道德基础的含义。

- 发展中国家需要机制和自身能力建设方面的支持,以便有效地参与气候变化决策过程。
- 在分析减缓和适应措施时,既考虑效率问题又考虑公平问题是重要的。为分析的目的,将效率问题从公平问题中分开是可能的。这两个问题从分析角度的分开是事先假定存在有效的机制或者能创造有效机制来合理分配气候变化成本,只有在这样的机制存在的条件下,这种分析性的分开对政策目的才是有效的。为达到“效率”,对特定措施的公平含义进行分析是值得的,包括它们的社会考虑和影响。

### 3. 应付气候变化问题的决策框架

既然气候变化是一个全球性问题,需要对减缓、适应和研究措施进行综合分析,以此可确定最有效、最适合的应付气候变化的策略。国际上有关气候变化决策过程,如气候变化框架公约所建立的,是一个集体过程。在这个过程中诸如公平、生态保护、经济、伦理道德和贫困等一系列问题对当代和后代都特别重要。在国际环境经济领域尤其是在气候变化文选中,以下几个方面,如不确定性情况下的决策过程、减少风险、技术开发和推广过程以及分摊责任的考虑等,目前相对来说没有很好地开展工作。

有关气候变化的决策必须考虑这一“问题”的特性:相当大的不确定性(科学和经济方面)、可能的非线性和不可逆转性、气候变化影响在时空分布上的不均匀性、长时间尺度和气候变化全球性及相应可能出现



的“免费搭车”行为。除科学不确定性(IPCC 第二次评估报告(SAR)气候变化科学卷中讨论的。)和影响不确定性(IPCC 第二次评估报告(SAR)气候变化影响、适应和减缓的科学技术分析卷)以外,社会经济不确定性体现在如何估计这些变化对人类社会的影响(包括直接经济影响和更广泛的福利影响)以及减排的社会经济含义上。

增加不确定性、困扰决策过程的其它问题是地理分布问题:气候变化是一个全球性问题,它涉及人类社会难以置信的多样组合,如有不同的历史、现状和承载能力。许多发展中国家位于比较炎热的气候地带,并且主要是依靠农业,少有良好的基础设施及社会结构,因此他们同世界平均水平相比,会遭受更多的可能是多得多的不利影响。发达国家受气候变化影响也可能很大。

文献还强调延迟采取应对措施也是一种涉及到成本的决策。一些研究结果表明延迟采取行动成本小,另一些研究结果则强调成本应包括强加于所有缔约方(特别是最脆弱的)的风险,有限大气容量的最大程度利用,以及预期开发技术的可能推迟。文献在此方面没有达成一致意见。

气候变化问题的全球特征,要求各主权国家采取集体行动,但不同缔约方情况的巨大差异引出进程和结果的问题。结果问题指“输出”,而进程问题指如何制定决策。就气候变化问题而言,目前各方同意的法律框架包括谈判得到的框架即气候变化框架公约中的集体过程。因此,可以在三种不同框架下考虑决策过程:全球优化方案(试图找到全球的优化结果)、进程决策(进程的规则)和集体性决策(分担性问题,多方独立决策者)。这里每一框架都有不同的含义和中心内容。

文献中有关气候变化决策的内容提供了建立集体战略和/或市场导向战略的要素,以此分享风险和取得共同利益。报告建议,采取行动要有时间序列的考虑(随时间改变),也建议各国采取一系列减缓、适应和研究措施,以及随着知识不断更新调整这一系列措施。对发展中国家,资金和技术转让问题要作为综合分析框架的一部分来考虑。

市场导向战略的内容涉及到风险的担保和交换。风险共担并不改变风险,但可以提高经济效率和福利。目前还没有一个能负担全球范围气候变化风险的保险部门,但在气候变化框架公约等集体框架内进行合作,可以产生重要的潜在收益,即分担风险。建立一个保险体系来承担气候变化风险很困难<sup>①</sup>,国际社会现在也没有建立这样复杂的体系。但这并不排除将来采取国

际行动建立保险市场以满足一些国际需求。

#### 4. 公平和社会考虑

公平考虑是气候变化政策和气候公约的一个重要方面。一般地说,公平是指“公正的程度”或指“公正和正当的事情”。气候变化框架公约,在3.1、4.2a和11.2条款都涉及公平和平等的问题,包括努力用公平来实现公约目的和目标的内容。国际法,包括国际公正法院的有关决定也可能提供指导。

一些伦理道德原则,包括满足人民的基本需求,也许关系到应付气候变化问题。但是在各国关系上应用这些原来建立来指导个体行为的原则是十分复杂的,不是直接了当的。气候变化政策既不能加大区域间的不平等差距,也不能期望解决所有的公平问题。

公平问题涉及进程问题,也涉及结果问题。进程问题指如何制定决策,而结果问题指“输出”。为保证有效行动并促进合作,协议必须被认定具有法律效应。公平就是获得法律效应的一个重要内容。

进程问题中的公平包括过程和参与问题。它要求所有缔约方能有效地参与气候变化的国际谈判。使发展中国家缔约方能有效参与谈判过程的合适措施,将有助于达成以最佳方式应付气候变化威胁的有效、持续和公正协议。关于公平和社会影响方面的考虑就是指有必要加强自身能力和机构建设,尤其在发展中国家,以合法与公正的方式制定并采取集体措施。

结果问题中的公平有两个方面的内容:损失或适应成本的分配问题与气候变化减缓措施成本的分配问题。各国在脆弱性、财富、能力、资源赋存以及下列其它方面的情况除非明确声明都有很大差异,因此损失和适应与减缓措施的成本不会公平产生。

气候变化成本可能会强加给后代和遭受损失的地区,包括较少温室气体排放的地区。气候变化影响分布也不均匀。

公约在3.1条款中认识到共同但有区别的责任和各自不同的能力。超出“无悔”措施的行动将成本加在当代人身上。减缓政策不可避免地引起如何分担成本的问题。附件一缔约方为初步减少排放所做的努力,就是这些缔约方应付气候变化所采取的经议定集体行动的第一步。

公平的争论会涉及许多关于分配减缓成本的建

<sup>①</sup> 在没有了解潜在影响程度的情况下,私人企业对气候变化引起损失进行保险的能力是未知的。

议。大部分建议集中在两个主要分配方法:按人均排放平均分配和按比国家基准排放(现在的和预测的)所增加的排放分配。有些建议将这些方法联系在一起以综合考虑公平问题,并没有强调排它性地依靠这个方法或那个方法。IPCC 能科学地给出不同方法和建议的含义,但选择特定的建议是政策判断的问题。

发达国家和发展中国家之间还有巨大的差异,而这些差异关系到公平原则在减缓中的应用。这些差异包括历史排放和累积排放,当前总排放和人均排放,排放强度和经济产值,以及财富、能源结构和资源赋存等因子。报告对发达国家和发展中国家中都存在这些差异的公平含义考虑不多。

此外,气候变化对发展中国家的意义同发达国家相比是不同的。前者通常有急需发展的优先领域、薄弱的机构制度并且对气候变化影响更加脆弱。然而,发展中国家为满足社会和发展的需要,未来排放份额会进一步增加。温室气体排放可能会变得更具全球性,尽管人均排放仍会存在较大差异。

在分析减缓和适应措施时,既考虑公平问题又考虑效率问题是重要的。对各个为达到效率目的的措施的公平含义进行分析是值得的,包括它们的社会考虑和影响。

## 5. 时间性公平和贴现

象其它许多政策问题一样,气候政策也会引起世代间公平的特殊问题。这是因为后代不能直接影响今天所确定的政策,但这些政策又可能影响到他们的福利,同时也因为有可能无法对后代福利的减少进行补偿。

可持续发展就是一种实现世代间公平的方式。可持续发展满足“当代的需求又不损坏后代满足其需求的能力”<sup>①</sup>。但这并不意味着后代应该继承一个资源至少同样多的世界,这在经济学家之间是达成共识的。不管怎样,可持续发展要求对消耗可耗尽的自然资源和环境恶化要适当予以补偿,如增加生产方面的资产,以保证足以使后代至少达到和今天一样的生活水平。文献中对以基础设施和知识为一方和以健康的环境等自然资源为另一方而这两方之间可相互替代的程度有不同的看法。这对使用这些概念很重要。一些分析家强调可耗尽的资源是唯一的,是不可替代的。而另一些人则确信,当代人可以在减少环境资源的质量和数量的同时,通过增加其它资源来补偿后代人。

贴现是经济学家用来比较不同时间产生的经济效

果的主要分析工具。选择贴现率对分析气候变化政策从技术上说十分重要。因为时间尺度特别长,减缓措施的成本比起避免损失的效益产生得早许多。贴现率越高,分析结果中将来效益就越少,当前成本也就越高。

选择社会贴现率也是一个价值的问题,因为它将现在采取的成本与没有采取行动可能给后代带来的损失联系起来。<sup>②</sup>如何更好地选择贴现率,在经济界已经是也可能一直是一个难以解决的问题。从结果上看,部分原因是各国采取不同的贴现率。分析家只能用不同贴现率做一些敏感性试验。还应该指出社会贴现率是事先假定所有的效应都可以转换成等价的消费量,这使得将社会贴现率应用于气候变化影响中的某些非市场因素很困难,这些非市场因素或许因道德的原因或许因实用的原因不能转换为消费单位量。

气候变化分析中合适的社会贴现率的文献可以分为两大类。第一种方法是将不同世代的消费用“时间偏好的社会率”进行贴现,它是“纯的时间偏好”(不耐烦程度)率和将来较高人均收入的福利增长率的和。依据不同参数所估计的数值,从全球范围来看,用这个方法确定的年贴现率数值在 0.5% 至 3.0% 之间。但是区域间贴现率存在很大不同,这与全球平均值仍是一致的。

有关贴现率的第二种方法是考虑投资的市场回报,这样对于长期的无风险公共投资,年贴现率数值按净值计算在 3% 至 6% 之间。从概念上讲,资金是可以投资到可获得回报的项目上,所得到的效益可以用于增加后代的消费。

选取公共投资项目社会贴现率是政策倾向的问题,但对气候变化行动的经济评估有很大影响。<sup>③</sup>如按今天的美元标准,在 100 年以后 1000 美元的损失用 1% 贴现率就只值 370 美元(接近第一种方法贴现率范围的下限),用 5% 贴现率(接近第二种方法贴现率范围的上限)大约现在只值 7.6 美元。不管怎样,对短期政策的成本效果分析,使用不同贴现率的影响相当小。在所有领域里,分析家应明确他们所使用的贴现率,以便于对结果进行比较和综合。

## 6. 成本效益评估的应用

<sup>①</sup> 相关的概念(有些更明确的)是每一代都有继承至少和上一代一样好的文化资源和星球的权利。

<sup>②</sup> 社会贴现率是适用于政府评估公共政策的贴现率。

<sup>③</sup> 尽管贴现率数值不同,根据这两个方法制定的政策可以导致近似的结果。

在评估有关气候变化的项目和公共政策时，要考虑很多因素，包括对可能的成本和效益进行分析。尽管成本和效益不一定都能用货币来衡量，但还是有许多方法，作为有用的框架可以用来组织有关应付气候变化可选行动效果方面的信息。

检验经济环境政策和决策的分析工具，包括传统项目层次上的成本效益分析、成本效果分析、多准则分析和决策分析。传统的成本效益分析方法要对所有的用共同货币单位衡量的成本与效益进行比较。成本效果分析方法是找到最小成本方案以达到利用其它准则特定的目标。多准则分析方法是处理一些用非货币量来衡量的效益和/或成本问题而设计的。决策分析方法主要集中在不确定情况下的决策过程。

原则上，在减缓全球气候变化行动的预期程度、进度和使用方式等方面，这些方法对于改进公共政策制定过程还是有所帮助的。

传统的成本效益分析方法依据这样的概念，即在每一时限上控制排放的水平由边际成本和边际效益相等来决定。但是，成本和效益很难估计，有时甚至不可能。这是由相当大的不确定性和非常小概率的大灾害造成的。或者是因为没有一致的方法来用货币衡量这些效应。在某些情况下使用多准则分析方法是可行的。这给决策者提供了比较广泛的信息，包括在共同框架下所估计的相关成本与效益。

由于气候变化问题的全球、区域和世代特征，因此将传统成本效益分析方法实际应用气候变化问题上非常困难。减缓措施成本的估计也有相当大的差别。更进一步说，气候变化引起的潜在物质损失的估计也有很大的差别。此外，用货币来估计重要结果（特别是非市场结果）的可信度很低。这些不确定性及其随时间而不断减少，对应付气候变化战略的选取起决定作用。决策分析的目标就是处理这些问题。再进一步说，对一些生态、文化和人类健康影响等问题，在这些领域尚不存在能被广泛接受的价值经济概念。在一些影响和措施的价值不能用货币来衡量情况下，经济学家利用多准则分析等技术，扩展了传统成本效益分析方法的使用范围，使这种权衡的一些定量描述得以实现。这些技术不解决涉及公平的问题，如谁来承担成本的问题。但是这些方法提供了有关损失影响方式、减缓和适应措施成本和可能在何处采取最经济的行动等方面信息。

尽管这些方法有很多不完善的地方，但还是提供了有价值的框架，用于确认决策者在处理气候变化时所必须面临的重要问题。即：

- 应减少多少温室气体排放？
- 什么时候减少排放？
- 如何减少排放？

这些分析方法帮助决策者在定量的基础上比较可供选择行动的结果，包括不采取行动的结果，因而一定会有助于这些问题的解决。

## 7. 人类活动导致气候变化的社会代价：温室气体排放增加所带来的损失

报告中这一节在这一问题上是有争议的，主要依据发达国家的研究工作，并经常外推到发展中国家。在统计寿命如何价值化，以及如何综合各国统计寿命等方面没有达成一致的意见。<sup>①</sup> 货币量化的评估不能模糊人类活动所导致气候变化对人类的影响，因为生命的价值超出货币来衡量的意义。应该指出里约宣言和21世纪议程都提出人类应以可持续发展为中心。这种评估的方法可能会影响损失减少战略的规模。还可以指出本节讨论的实质上所有文献中，其一没有按照发达国家的价值来同等地确定发展中国家统计寿命的价值，其二也没有用发达国家的价值来同等地确定发展中国家其它损失的价值。因为各国情况包括机会成本都不同，经济学家有时只评估各国不同影响的一部分。

减少温室气体排放和增强汇的效益一是所避免的气候变化的损失，二是相关政策也产生辅助效益。辅助效益包括和温室气体共同产生的其它污染物的减少和生态系统多样性的保护。净气候变化损失包括目前能定量表示的市场和非市场的影响，在一些情形下还包括适应成本。损失以“净”的方式来表达，是考虑这样的事实，即全球变暖也有一些正面的影响，尽管损失成本是决定性的。非市场影响，如人类健康、死亡风险和生态系统恶化等内容，是气候变化社会成本估计的重要组成部分。关于用货币来评估这些非市场影响，本节中反映了很多彼此不同的观点和方法。然而，非市场影响的估计在很大程度上是推测出来的，不是综合分析的结果。

在评估全球气候变化对人类福利的影响时，非市场影响的估计是主要不确定性的来源。一些人把这些影响的货币衡量看作是可靠的决策过程之基本，而另一些人从道德的角度反对把人死亡风险等影响用货币

<sup>①</sup> 统计寿命的价值定义为人们对改变死亡风险所支付的货币量。

来衡量。此外,某些整个独特的文化还存在着灭绝的危险,这也不是用货币来衡量的事情,而是对人类多样性减少的问题,我们没有指标来衡量其中的经济价值。

评估了的文献只包括几个在二氧化碳当量浓度倍增情景下用货币衡量的损失的估计。这些估计是综合到全球规模的结果,表明了特定构想下气候变化的潜在影响。为获得对社会福利的总影响,必须综合各种用货币来定量的损失,这意味着在各国在公平问题上的困难决策。全球范围的估计是依据跨越国家的货币化损失的综合结果。货币化的各国损失反映了各国在财富和收入方面的差异,也从本质上影响了损失的货币化评估(损失本身是个体的总和)。考虑到给定的收入差别,就意味着在两个国家里一个等当量的气候变化影响(如死亡增加人数相同),在计算全球损失时可能采取不同的权重。

在提高人类福利的不同方式之间,为能够在连续一致的基础上确定各种选择方案,经济学家很多年一直在想尽办法用各种技术以等价货币来衡量对人类和环境范围的影响。用得最普遍的方法是根据对各种非市场效益的表现支付愿望来确定这种影响。<sup>①</sup>这是大部分文献中所采用的方法。

人的生命是一种市场以外的要素,社会应以平等的方式来保护它。对人类生命影响同等估价的方法同以下其它方法相比,会得到不同的全球综合结果。例如,在全球平均水平上平等地确定统计生命的价值,虽然会使全球总损失保持不变,但是会显著地增加发展中国家承受损失的份额。根据发达国家典型水平,来确定统计生命的价值将使货币化损失增加几倍,并进一步增加发展中国家在总损失估计中的份额。

其它综合方法在计算货币化损失时,可以用于调整各国财富或收入的差别。因为低收入国家货币化损失占国家GDP的估计比高收入国家要高几个百分点,这一调整财富和收入差别的综合方法,会得到可能比本报告估计要高的全球损失。

假定大气温室气体浓度有所改变,在增温2到3摄氏度情况下,文献定量分析总损失量给出的损失估计点范围很大。总的估计差不多占全球GDP的几个百分点,一般地,发展中国家这一数值在其GDP中所占的份额可能更大一些。总的估计也有相当的不确定性,文献也不能界定不确定性的区间。在使用差别很大的假定和方法的情况下,研究中估计值的范围不能解释为置信区间。如上面所讲,损失量的总和可能会掩盖损失构成的更大不确定性。

评估区域或部门气候变化影响的方法给出的净经

济效应估计差别更大。在一些地区,损失估计得相当大,对经济发展有负面影响;而在另外一些地区,气候变化被认为能增加经济产量,并给经济发展提供机会。对于有多样化工业经济并且拥有受过良好教育和有相当灵活性人力资源的国家,一些有限的已公布的损失估计量大约占GDP几个百分点;对于经济依靠专门化和基于自然资源(例如依靠农业或林业)、劳动力没有得到发展并且都集中在土地上的国家,比较少的几个研究所做的损失估计要高好几倍。小岛和低洼的海岸地区特别脆弱。在评估过程中没有考虑诸如洋流改变等大范围灾难所带来的损失。对每一损失类型的确切幅度或者损失类型相对排序,这些研究没有给出一致的意见。<sup>②</sup>这一幅度的气候变化在几十年的时间范围可能不会发生,其间损失会较小;但对长期而言,损失可能会很大。<sup>③</sup>

对二氧化碳排放的边际损失,IPCC不赞同某一特定的数值范围。现在每吨碳排放造成损失的估计范围是在5—125美元(1990年美元不变价)之间。这一估计范围并不能反映所有的不确定性。评估还只是依据简单的模型,描述的实际气候过程也很有限,并且仍然依据IPCC早期的科学报告。差别很大的损失估计反映了模型构想、贴现率和其它假定的不同。由于对气候变化影响、将来技术和社会经济的发展以及发生重大灾害事件或意外的可能性了解不多,这里必须强调社会成本的估计还有很大的不确定性。

## 8. 反应战略的一般性评估

在减少二氧化碳、甲烷和一氧化二氮等温室气体的排放方面,有很多的技术和技能。关于应付气候变化影响,也有很多适应措施。所有这些技术、技能和措施都需要资金和环境方面的成本以及效益。这一节提供了文献中讨论的和目前可以实现的一系列可选方案。随着当地条件和成本的变化,最优的应对行动也会因

<sup>①</sup> 支付愿望的概念是指示性的,依据可表达出来的期望、可以获取的资源和在特定期限内人类偏好的信息。数值可以随时间改变。其它概念(如接受损失补偿的愿望)也有进展,但在文献中应用较少,解释和使用支付愿望以及有关气候问题所涉及到的其它概念还可进一步演化。

<sup>②</sup> 由于自然科学发现,并利用它们确定可能的物理和生态影响,以及相应地并入气候变化经济分析过程中有时间滞后问题,气候变化损失的估计主要依据1990年和1992年报告中的科学成果。

<sup>③</sup> 见PICC第二次评估报告(SAR)气候变化科学卷和气候变化影响、适应和减缓的科学技术分析卷。

国家和时间的不同而有所改变。

二氧化碳减缓行动有：

· 在能源供应和利用过程中，许多部门都存在有着经济效果的节能和提高能效的巨大潜力。这些可选方案除减少温室气体排放以外，还带来了经济和环境方面的效益。这些可选措施由于单位规模小、设计模块化和使用成本低等可以迅速得以实施。

在建筑、民用、商业、农业和工业部门的众多其它措施中，在能源利用中减缓二氧化碳的措施包括替代方法和能效改进。并不是所有的最经济战略都依靠新技术，一些战略可依靠信息传播与公共教育、管理策略、价格政策和体制改革。

· 由于地区、措施类型，化石燃料经济可开采储量，和替代燃料的差别，转用低碳强度燃料转换技术潜力的估计差别也很大。这些估计还要考虑天然气在生产和运输过程中甲烷泄漏的潜在排放。

· 可再生能源技术（如太阳、水电、风、传统和现代生物质和海洋热能转换等）都达到了不同程度的技术开发、经济成熟和商业化水平。但这些能源技术的潜力并没有得到充分的实现。使用这些技术的成本估计对地点特征、资源类型和能源最终的形式是敏感的。相应的成本估计变化范围也很大。

· 最近几十年核能是在许多国家都得到广泛利用的一门技术。<sup>①</sup>然而，一些因素也影响核能的发展，如由于核事故导致的公众的谨慎态度，以及在反应堆安全、核燃料扩散、电厂废弃和核废料的永久处置，以及在一些情况下电力需求较预测水平低等问题还没有充分解决等。有关规定和厂址方面的困难延长了建设周期，导致了一些国家核能造价成本很高。如果这些社会、政治和环境问题都能得到解决，提高目前核能在世界能源生产中所占的份额是大有潜力的。

· 由于技术和环境的原因，二氧化碳捕集和处理最终也将受到限制。因为并不是所有的处理过程都能保证避免碳重新进入大气。

· 在一些情况下，森林方面应对行动有巨大的潜力，并且具有适中的成本、低风险和其它效益。更进一步地说，通过现代化使用，生物质作为一种燃料和电力源会变得更有吸引力。通过提高造林存活率和农业生产率、增加森林储量和推动生态旅游等可持续管理项目，停止或减缓森林的破坏和增加造林都是减少大气二氧化碳累积的经济有效措施。但森林项目提出了重要的公平问题。<sup>②</sup>

减少天然气系统、煤矿、废物堆积和农业等过程的甲烷排放也有许多技术和作法。然而，涉及食物供应的

减排行动意味着与食物生产费用间权衡交换。这些权衡交换要予以仔细评估，因为这些将可能影响到一些国家特别是发展中国家的基本需求。

大部分一氧化二氮排放来自农业和森林的分散源。这些排放很难立即减少。工业部门一氧化二氮和氟氯烃排放主要集中在几个关键部门，比较容易得到控制。限制此类排放的措施对许多国家都有吸引力。

上述这些措施在技术上都有吸引力，也是有经济效果的，但执行得很慢，这有很多方面的解释。主要原因是实际成本和预期成本方面的。其它原因如资金获取、信息缺乏、机制障碍和市场不完善等因素都影响这些技术的推广程度。对每一国家而言，确定这些原因是鼓励广泛采用这些技术，并制定合适而有效政策的先决条件。

教育和培训以及信息、咨询等措施也是各种应对行动的重要方面。

上述许多减排技术和实际作法也提供其它的社会效益。这些额外效益包括改进空气质量、保护地表水和地下水资源、提高动物生产力、减少爆炸与火灾风险和促进能源的合理使用。

许多措施对适应气候变化影响、减少国家经济和生态系统损失都是可行的。在农业、能源、健康、海岸带管理、近海渔业和娱乐等许多部门里都有适应措施。一些措施提高当前应付气候变率影响的能力。但是，在将来的研究中，考虑采取各种减缓措施之间可能的相互取舍是重要的。部门适应措施的摘要见IPCC第二次评估报告(SAR)气候变化影响、适应和减缓的科学技术分析卷。

每一国家最佳应对战略取决于各国所必须面临的实际情况和条件。但最近许多研究和经验分析表明，在各国联合或合作基础上一些经济有效的措施选择可以得到最为成功的实施。

## 9. 应对行动的成本

需要强调指出本节内容是对技术文献的评估，而不是提出政策方面的建议。可以得到的文献主要来自发达国家。

<sup>①</sup> 有关核能技术方面的详细内容，请见IPCC第二次评估报告(SAR)气候变化影响、适应和减缓的科学技术分析卷。

<sup>②</sup> 这些问题在上面第四节和IPCC第二次评估报告(SAR)气候变化的经济和社会方面卷中介绍过。

## 成本概念

本节中评估减缓和适应措施成本指的是净成本(总成本减去次级效益和成本),这些净成本不包括第七节讨论的气候变化社会成本。涉及的文献中应对行动成本的估计值范围很大。估计范围很大说明,对能源效率和其它市场因素以及政府解决市场不成功或不完善的能力等方面的假定差异比较大。

减少温室气体排放措施也会产生额外的经济影响(如经由与推动研究和开发计划相联系的技术外部性产生影响)和/或环境影响(如减少酸雨和城市烟雾致发因子的排放)。研究表明,随减排而产生的二次环境效益很大,但各个国家会有很大不同。

## 具体结果

减少温室气体排放成本的估计,主要取决于在基准构想中(也就是不考虑气候政策)能源效率改进程度的假定,以及其它因子,如消费方式、获取的资源和技术、减排的时间安排和预定目标以及政策手段的确定等等。决策者对每一分析的具体数值结果不必确信过多。例如减缓成本的分析结果揭示,减缓成本与确定的基准密切相关,但是,无论是基准构想,还是政策干预构想,都不能解释成代表未来的可能情况。要把工作中心放到对有关成本决定性要素的一般性认识上。

在一定时间框架内将大气中温室气体的浓度稳定在防止气候系统受到危险的人为干扰的水平上(联合国气候变化框架公约的最终目标),从根本上讲,其成本取决于排放时间路线的选取,减排项目成本受资本替代速率、贴现率和研究与开发效果的影响。

在工厂和设备的经济寿命终止时没有尽早采取政策鼓励进行有效的替代投资(从资本存量更新来看),就意味着给社会增加经济负担。在通常的资本存量更新过程可吸收的速率下实施减排,同强制地现在就提前退役相比,成本可能更少。

应对时间路线的选取涉及到立即采取措施的经济风险(提前使资本存量退役将被证实为不必要)和延迟采取措施的相应风险(届时需要更多的迅速减排,也需要提前使将来的资本存量退役)的两者平衡问题。

需要有合适的长期信号,以允许消费者和生产者采取最经济措施来适应限制温室气体排放,并鼓励研究和开发活动。执行任一“无悔”政策所带来的效益,是至少部分地减少减缓措施的总成本。这也增加了时间来认识气候的风险并将新技术投入到市场中。

尽管有显著不同的观点,但是在未来20年到30年时间里,以负成本或零成本(净负成本意味着一种经济效益)可以将能源效率同基值相比提高10到30%,此点已达成共识。就长期而言,可以有更完全的资本存量更新,同时也给研究和开发以及市场转换政策提供机会以影响多次的替代过程,这些方面的潜力就大得多了。这些“无悔”政策潜力的大小,取决于是否存在实质性的市场和体制上的不完善,这种不完善将阻碍经济有效的减排措施自然实施。关键问题是通过能源效率标准、刺激手段、取消补贴、信息交流和资助技术转让活动等政策手段,能在多大程度上可以经济有效地克服市场和体制方面的不完善与障碍。

许多国家通过志愿协议、能源效率刺激手段、产品效率标准和制造业参与的能源效率采购项目及公用事业规章改革等政策手段,在经济有效地减少市场不完善和体制障碍方面取得了进展。在已完成的经验评估中发现,提高能源效率的成本效益比是令人欣慰的,并且认为在负的净成本情况下发挥“无悔”潜力是实际可行的。当然,这需要更多国家里类似的、已改进的项目的有关信息。

因为基础设施能增加或限制将来可选方案的数目和类型,这方面决策在确定长期减排和应对措施成本时是非常重要的。基础设施方面的决策将决定交通、城市居住和土地使用的发展模式,同时也影响能源系统的发展和森林砍伐的方式。这一问题对发展中国家和经济转轨国家特别重要,因为它们主要的基础设施方面的决策将在近期近期做出。

要是碳税或碳-能源税被看作一种减排政策手段的话,那么会增加大量的税收收入。但如何分配收入会非常显著地影响到减排的成本。如果通过在现有的税制体系下减少不合理的税项来分配收入的话,这将有助于减少现存税制体系的多余负担,也可能得到额外的经济效益(股息加倍)。例如在欧洲进行的有关税收及再分配的研究结果就比较乐观,成本很低,甚至在某些情况为略小的负成本。相反如果税收利用不好的话就会增加成本。例如,如果税收被政府用于支持那些由于有了税收而肯定比私人部门投资回报更低的项目的话,那么总的成本就会增加。

由于经济发展、基础设施选择和自然资源量等方面的不同,各国减少温室气体排放成本的差异很大。这表明国际合作会显著地降低减排的全球总成本。原则上,研究结果也表明,在成本最低的地方减排可能节省很多资金。实际上,这需要在各国之间建立一个合适的国际机制,来保证国家间的资金流动和技术转让。相

反,不实现国际合作,就会抵消一个国家或一些国家减少温室气体排放的单方面努力。但对所谓“漏洞效应”的估计差别也很大,对决策者提供不了很多的指导性信息。

发达国家有关减排潜力和成本的分析要比世界上其它国家多。进一步说,许多现存的模型不适于研究经济转轨国家和发展中国家。在发达国家之外,需要开展模型开发和应用的(例如,更加清楚地描述市场不完善、体制障碍以及传统的和非规范的经济部门)。此外,下面的讨论和大多数背景报告是依据对GDP影响来分析各国或区域的应对措施的成本。有关应对措施对就业、通货膨胀、贸易竞争及其它公共问题的影响还需做进一步分析。

已经对用“自上而下”和“自下而上”方法(定义见框1)所开展的大量研究进行了评述。限制矿物燃料二氧化碳排放(以碳计)成本估计的结果不尽相同,而且依赖于方法的选取、基本假定、排放构想、政策手段和报告年份等方面的因素。个别研究的具体结果见IPCC第二次评估报告(SAR)气候变化的经济和社会方面卷。

#### 框1 “自下而上”和“自上而下”模型

“自上而下”是基于整个宏观经济的综合模型,它依赖于分析历史趋势与关系,以预测不同经济部门间大尺度的相互影响,特别是能源部门和其它经济部门之间的相互影响。“自上而下”模型同“自下而上”相比,在能源消耗和技术变化等方面一般相对较少详细分析。

与此相反,“自下而上”模型对大量可获取及预期技术的工程成本有详细的研究,对能源消费过程的描述也十分详细。但同“自上而下”模型相比,在非能源消费者行为及其和其它经济部门之间相互影响方面,则一般缺少详细的描述。

随着两类模型比较新的版本不断推出,这两种方法在过去没有很好研究的方面都趋于给出更多的细节。因此对“自下而上”和“自上而下”模型的简单定性会不断起误导作用。随着两种模型结构的趋同,模型结果正趋向一致,仍存的差别只是假定方面的差别。这些假定是指市场体制下如何有效快速地采用最经济的新技术,或者如何通过政策干预促使这些技术的使用。

许多现存的模型还不能很好地适合经济转轨国家和发展中国家的研究。需要开发适合的方法、数据和模型,也需要建设当地的体制能力以开展进行这些分析。

经济合作与发展组织成员国。尽管综述比较困难,但是“自上而下”方法分析结果表明,达到实质性低于

1990年水平而大量减排的成本要高达GDP的几个百分点。对排放稳定在1990年水平的特定案例而言,大部分研究结果估计在未来几十年间每年成本大约在占其GDP的-0.5%(相当于在今天GDP水平上,经济合作与发展组织国家得到600亿美元的总收益)到2%(相当于损失2400亿美元)之间。但研究结果也表明,合适的减排时间安排和低成本方案会大大地减少总成本。

“自下而上”方法的研究结果,对零成本或负成本减排的潜力以及发挥这些潜力更为乐观。这些研究还表明发达国家在二、三十年里减少20%排放,其成本可以忽略不计或是负成本。其它“自下而上”方法的研究结果也发现,就长期而言绝对量减排50%或更多也是有潜力的,而这并不增加甚至有可能减少能源系统的总成本。

“自上而下”和“自下而上”方法分析结果存在差异,是因为对无悔潜力及技术进步的较高估计,以及单位GDP能源服务的较早饱和。在最有利的评估中,都认为节省能源服务中10-20%的成本是可以实现的。

**经济转轨国家。**能源利用过程中有效经济的减排潜力可能相当大,但是发挥出潜力要取决于选取何种经济和技术发展途径,也取决于能否获得资金以推行不同的途径。在这些国家里,重要的问题是将来结构方面的改变,而这很有可能极大地改变基准排放水平和减排成本。

**发展中国家。**分析表明发展中国家低成本减少化石燃料二氧化碳排放的机会很大。提高能源效率、推动可替代能源技术发展、制止森林乱砍滥伐和提高农业生产力和生物质能源产量等发展途径都具有经济效益。着手这方面工作需要有效的国际合作和资金与技术转让。但这些活动可能不会抵消因经济增长和提高生活水平而带来基准排放的迅速增加。稳定二氧化碳排放很可能提高成本的。

应该指出经济转轨国家和发展中国家的成本分析,一般没有考虑发达国家单方面行动对一般均衡的相互影响。这些影响可能是正的,也可能是负的,并且幅度也很难量化。

还应该指出成本或效益估计占GDP少数几个百分点的级别对GDP增长量而言是小量,但其绝对量却相当大。

保护或增强碳的“汇”也是切实而有效的温室气体减缓措施。研究表明在50年至100年期间多达1990年全球能源活动产生的15-30%的碳排放可由森林固碳所抵消。固碳成本可同源控制方案的成本相竞争,世界上各个区域固碳成本也有所差别。

在一些国家里控制其它温室气体特别是甲烷、一氧化二氮的排放,也存在经济有效而巨大的减排机会。对天然气系统、废物管理和农业等甲烷排放源,用现有的减缓措施在负成本或较少成本情况下,可以减少大约10%的人为甲烷排放。

## 10. 综合评估

综合评估模型结合了多个领域的知识,所提供的结果是从传统的学科研究中无法得到的。这些模型可预测人类和生态系统的可能状态,分析关于政策制定的关键问题,并有助于确定优先的研究项目。综合过程协调各学科间各种假定,促进分析单一学科所缺少的反馈和交互作用。但是这些分析的结果,同经济、大气和生态科学等基础科学的结论相比,并不更完善。由于受背景学科的有关知识基础水平和相对有限的经验的制约,综合评估模型的能力还很有限。

目前大多数综合评估模型不能较好地反映出发展中国家和经济转轨国家特定社会经济动态过程,现在没有一个模型能描述出这些国家的大部分问题:市场不完善、体制障碍和非规范部门运行等问题。如果按发达国家体系来评价这些国家的经济运行,并确定对发展中国家和转轨国家的影响,在全球评估过程中可能会导致偏差。

相对比较新的气候变化综合评估模型发展也很快。综合评估模型可分成两大类:政策评估模型和政策优化模型。政策评估模型物理过程详细,曾用于分析毁林的潜在影响,而毁林是人口、农业生产和经济增长等相互作用的结果;这样的模型还曾用于分析气候变化和潜在的疟疾发生区的关系。政策优化模型是通过优化各种关键要素(如排放速率、碳税)来实现既定的政策目标(成本最小或福利优化)。

目前综合评估过程也有相当的不确定性,包括气候系统对温室气体浓度改变的敏感性,非市场领域影响的定义和价值化,国家和区域人口的变化,贴现率的选取,以及有关技术成本、可获性和推广等的各种假定。

## 11. 应付气候变化政策措施的经济评估

在评估国际和国内温室气体政策手段方面,各国可以有不同的评判准则体系。这些准则中有效率与成本效果、实现既定环境目标的效果、分布的公平(包括世代间公平)、面对新技术应有的灵活性、公众的理解

力以及与国家优先领域、政策、体制和传统的一致性。选取手段还部分地反映出政府想达到其它目标的一种愿望,这些目标有可持续发展、满足社会发展目标和财政目标,以及控制与温室气体排放间接相关的污染水平。政府进一步的考虑还可能放在政策对竞争力的影响上。

世界经济以及一些国家经济,会受到大量不合理价格的影响,如一些农业、燃料补贴和不合理的交通价格。这些都会增加温室气体排放。针对这一问题的大量研究结果表明,全球减少4—18%的排放,并且伴随实际收入的增加,是通过取消燃料补贴可以实现的。就大部分而言,减少这些不合理问题,能够降低排放和提高经济效率。但是由于社会和分配的原因,会经常出现补贴,同时不合理价格一直在维持,因而也很难被取消。

政策手段也可以分成不同的两个水平,其一是用于一定的国家集团,其二是由国家单方面地采用或用以满足多边协议的要求。

国家集团<sup>①</sup>可以选择的政策措施和手段,包括鼓励志愿行动和进一步研究、可贸易配额、联合履约(试验期间特别指共同执行活动<sup>②</sup>)、协调一致的国内碳税、国际碳税、非贸易配额和各种国际标准等。如果这一国家集团不包括所有的主要排放国家的话,就会导致这一集团以外国家增加化石燃料使用的可能趋势。这一结果会减少参与国某些工业的国际竞争能力和所取得的环境效益。

在国际和国家水平上,经济文献都表明碳税、可贸易许可/配额等经济刺激手段,可能比其它方法更经济有效。在达成国际协议的不同组别国家中,统一标准可能很困难。但对一组国家使用一些统一的标准,还是可以达成协议的。

在国际水平上,所有依靠市场有效的潜在手段都将在未来的谈判进程中考核。可贸易配额存在缺陷即排放的边际成本仍有不确定性,而碳税(包括相关手段)也有不完善的地方,即碳税对控制排放水平的效果方面也有不确定性。如何看待减少这两种不同类型不确定性的的重要性是进一步评估这些手段的一个关键因素。因为缺少适当的科学知识,特定水平限排的结果仍然有相当大的不确定性。无论是采取可贸易配额方法,还是国际碳税方法都会涉及国际上财富的分配问题。如何分配是谈判的主题。为保证这些手段具有可操作性

<sup>①</sup> 集团可以只包括几个、许多或甚至所有的国家。

<sup>②</sup> 见联合国气候变化框架公约第一次缔约国大会(COP1)决定五(5/CP.1)。



性,有必要开展额外的研究,如有关可贸易配额和协调一致税项的可能设计,及运用这些方法时有关体制以确保其实用性。

对每一寻求并执行减缓政策的国家,可以在一系列政策手段中做出选择。这些手段包括:碳税、可贸易许可、排放蓄储归还系统(及相关政策)、补贴、技术标准、行为标准、产品禁令、直接政府投资和自愿协议。也可以考虑在有关资源可持续利用方面进行公众教育和

培训。在调整人类的消费方式和其它行为方面,教育和培训将发挥重要作用。在国内选择何种措施可能反映并非经济效果原则的其它目标,如满足其财政目标。碳税和拍卖可贸易许可的收入会替代现存的不合理税款。手段的选取还反映各国的其它环境目标,如减少非温室气体污染物排放、增加森林覆盖率,或其它关注的问题,如对特定区域和社会的特别影响的关注。

## 附件:主要作者、作者和撰稿人

### 关于解释联合国气候变化框架公约第二条的科学技术信息 IPCC 第二次评估综述起草小组 IPCC 综述起草小组

Bert Bolin (IPCC 主席和起草小组主席); John T. Houghton, 英国; Gylvan Meira Filho, 巴西; Robert t. Watson, 美国; M. C. Zinyowera, 津巴布维; James Bruce, 加拿大; Hoesung Lee, 韩国; Bruce Callander, 英国; Richard Moss, 美国; Erik Haites, 加拿大; Roberto Acosta Moreno, 古巴; Tariq Baunuri, 巴基斯坦; 周大地, 中国; Bronson Gardner, 美国; Jose Gold-

emberg, 巴西; Jean-Charles Hourcade, 法国; Michael Jefferson, 英国; Jerry Melillo, 美国; Irving Mintzer, 美国; Richard Odingo, 肯尼亚; Martin Parry, 英国; Martha Perdomo, 委内瑞拉; Cornelia Quennet-Thielen, 德国; Pier Vellinga, 荷兰; Narasimhan Sundararaman (IPCC 秘书)。

### IPCC 第一工作组 1995 年报告

#### 技术摘要

D. Albritton, 美国; B. Bolin, 瑞典; B. Callander, 英国; K. Denman, 加拿大; R. Dickinson, 美国; L. Gates, 美国; H. Grassl, 瑞士; M. Grubb, 英国; N. Harris, 英国; J. Houghton, 英国; P. Jonas, 英国; A. Kattenberg, 荷兰; K. Maskell, 英国; G. McBean, 加拿大; M. McFarland, 肯尼亚; G. Meira, 巴西; J. Melillo, 美国; N. Nicholls, 澳大利亚; L. Ogallo, 肯尼亚; M. Oppenheimer, 美国; M. Prather, 美国; B. Santer, 美国; D. Schimel, 美国; K. Shine, 英国; K. Trenberth, 美国; R. Warrich, 新西兰; R. Watson, 美国; J. Zillman, 澳大利亚。

#### 第一章:气候系统:概述

##### 主要作者召集人

K. Trenberth, 美国

##### 主要作者:

J. Houghton, 英国; G. Meira, 巴西

#### 第二章:气候变化辐射强迫:

##### 主要作者召集人

D. Albretton, 美国; P. Jonas, 英国; M. Prather, 美国; D. Schimel, 美国; K. Shine, 英国

##### 主要作者

D. Alves, 巴西; R. Charlson, 美国; R. Derwent, 英国; D. Ehhalt, 德国; I. Enting, 澳大利亚; Y. Fouquart, 法国; P. Fraser, 澳大利亚; M. Heimann, 德国; I. Isaksen, 挪威; F. Joos, 瑞士; M. Lal, 印度; V. Ramaswamy, 美国; D. Raynaud, 法国; H. Rodhe, 瑞典; S. Sadasivan, 印度; E. Sanhueza, 委内瑞拉; S. Solomon, 美国; J. Srinivasan, 美国; T. Wigley, 美国; D. Wuebbles, 美国; 周秀骥, 中国

##### 撰稿人

F. Alyea, 美国; T. Anderson, 美国; M. Andreae, 德国; D. Blake, 美国; O. Boucher, 法国; C. Bruhl, 德国; J. Butler, 美国; D. Cunnold, 美国; J. Dignon, 美国; E. Dlugokenchy, 美国; J. Elkins, 美国; I. Fung, 加拿大; M. Geller, 美国; D. Hauglustaine, 法国; J. Haywood, 美国; J. Heintzenberg, 德国; D. Jacob, 美国;

A. Jain, 美国; C. Keeling, 美国; S. Khmelevtsov, 俄罗斯联邦; J. Lelieveld, 荷兰; H. Le Treut, 法国; I. Levin, 德国; M. Maiss, 德国; G. Marland, 美国; S. Marshall, 美国; P. Nudgket, 德国; B. Miller, 美国; J. Mitchell, 英国; S. Montzka, 美国; H. Nakane, 日本; P. Novelli, 美国; B. O'Neill, 美国; D. Oram, 英国; S. Penkett, 英国; J. Penner, 美国; S. Prinn, 美国; P. Quay, 美国; A. Robock, 美国; S. Schwartz, 美国; P. Simmonds, 英国; Singh, 印度; A. Slingo, 英国; F. Stordal, 挪威; E. Sulzman, 美国; P. Tans, 美国; R. Weiss, 美国; A. Wharner, 德国; T. Whorf, 美国

#### 第三章:观测到的气候变率和变化

##### 主要作者召集人

N. Nicholls, 澳大利亚

##### 主要作者

G. Gruza, 俄罗斯联邦; J. Jouzel, 法国; T. Karl, 美国; L. Ogallo, 肯尼亚; D. Parker, 英国

##### 撰稿人

J. Angell, 美国; 孙安健, 中国; P. Arkin, 美国; R. Balling Jr, 美国; M. Bardin, 俄罗斯联邦; R. Barry, 美国; 王伯民, 中国; R. Bradley, 美国; K. Briffa, 英国; A. Carleton, 美国; D. Cayan, 美国; F. Chiew, 澳大利亚; J. Christy, 美国; J. Church, 澳大利亚; E. Cook, 美国; T. Crowley, 美国; N. Datsenko, 俄罗斯联邦; R. Davis, 美国; C. Dey, 美国; H. Dia, 美国; 丁一汇, 中国; W. Drosowsky, 澳大利亚; M. Duarte, 阿根廷; J. Duplessy, 法国; D. Easterling, 美国; J. Eischeid, 美国; W. Elliott, 美国; B. Findlay, 加拿大; H. Flohn, 德国; C. Folland, 英国; R. Franke, 德国; P. Frich, 丹麦; D. Gaffen, 美国; V. Georgievsky, 俄罗斯联邦; T. Ginsburg, 俄罗斯联邦; W. Gould, 英国; P. Groisman, 俄罗斯联邦; D. Gullet, 加拿大; W. Haeberli, 瑞士; S. Hastenrath, 美国; A. Henderson-Sellers, 澳大利亚; M. Hoelzle, 瑞士; W. Hogg, 加拿大; G. Holland, 澳大利亚; L. Hopkins, 澳大利亚; M. Hulme, 英国; N. Ivachtchenko, 俄罗斯联邦; P. Jones, 英国; R. Kat, 美国; B. Kininmonth, 澳大利亚; R. Knight, 美国; N. Kononova, 俄罗斯联邦; L. Korovki-

na, 俄罗斯联邦; G. Kukla, 美国; K. Kumar, 印度; P. Lamb, 美国; C. Landsea, 美国; S. Levitus, 美国; T. Lewis, 加拿大; H. Lins, 美国; J. Lough, 澳大利亚; L. Malone, 加拿大; J. Marengo, 巴西; T. McMahon, 澳大利亚; E. Mekis, 加拿大; A. Meshcherskya, 俄罗斯联邦; P. Michaels, 美国; S. Nicholson, 美国; J. Oerlemans, 荷兰; G. Ohring, 美国; G. Pant, 印度; N. Plummer, 澳大利亚; F. Quinn, 美国; E. Ran'kova, 俄罗斯联邦; C. Ropelewski, 美国; B. Santer, 美国; H. Schmidt, 德国; E. Semenyuk, 俄罗斯联邦; I. Shiklomanov, 俄罗斯联邦; M. Shinoda, 日本; N. Sidorenkov, 俄罗斯联邦; I. Soldatova, 俄罗斯联邦; D. Sonechkin, 俄罗斯联邦; R. Spencer, 美国; N. Speranskaya, 俄罗斯联邦; K. Trenberth, 美国; C. Tsay, 台湾; J. Walsh, 美国; K. Wang, 加拿大; N. Ward, 意大利; S. Warren, 美国; T. Yasunari, 日本; Q. Zu, 中国

#### 第四章: 气候过程

##### 主要作者召集人

R. Dickinson, 美国

##### 主要作者

V. Meleshko, 俄罗斯联邦; D. Randall, 美国; E. Sarachik, 美国; P. Silva-Dias, 巴西; A. Slingo, 英国

##### 撰稿人

A. Barros, 美国; O. Boucher, 法国; R. Cess, 美国; A. Del Genio, 美国; R. Lindzen, 美国; E. Maier-Reimer, 德国; K. McNaughton, 新西兰; J. McWilliams, 美国; G. Meehl, 美国; M. Miller, 英国; D. Neelin, 美国; E. Olaguer, 美国; T. Palmer, 英国; C. Penland, 美国; R. Pinker, 美国; V. Ramaswamy, 美国; D. Rind, 美国; A. Robock, 美国; M. Salby, 美国; M. Schlessinger, 美国; H. Schmid, 瑞士; C. Senior, 英国; Q. Shao, 美国; K. Shine, 英国; H. Sundquist, 瑞典; A. Vogelmann, 美国; A. Weaver, 加拿大

#### 第五章: 气候模式——评估

##### 主要作者召集人

W. Gates, 美国

##### 主要作者

G. Boer, 加拿大; A. Henderson-Sellers, 澳大利亚; C. Folland, 英国; A. Kitoh, 日本; B. McAvaney, 澳大利亚; F. Semazzi, 美国; N. Smith, 澳大利亚; A. Weaver, 加拿大; 曾庆存, 中国

##### 撰稿人

J. Boyle, 美国; R. Cess, 美国; T. Chen, 澳大利亚; J. Christy, 美国; C. Covey, 美国; T. Crowley, 美国; U. Cubasch, 德国; J. Davies, 英国; M. Fiorino, 美国; G. Glato, 加拿大; C. Fredericksen, 澳大利亚; F. Giorgi, 美国; P. Gleckler, 美国; J. Hack, 美国; J. Hansen, 美国; G. Hegerl, 德国; R. Huang, 美国; P. Irannejad, 澳大利亚; T. Johns, 英国; J. Kiehl, 美国; H. Ito, 日本; R. Koster, 美国; J. Kutzbach, 美国; S. Lambert, 加拿大; R. Latif, 德国; N. Lau, 美国; P. Lemke, 德国; R. Livzey, 美国; P. Love, 澳大利亚; N. McFar-

lane, 加拿大; K. McGuffie, 美国; G. Meehl, 美国; I. Mokhov, 俄罗斯联邦; A. Noda, 日本; B. Otto-Bliessner, 美国; T. Palmer, 英国; T. Phillips, 美国; A. Pitman, 澳大利亚; J. Polcher, 法国; G. Potter, 美国; S. B. Power, 澳大利亚; D. Randall, 美国; P. Rasch, 美国; A. Robock, 美国; B. Santer, 美国; E. Sarachik, 美国; N. Sato, 日本; A. Semtner Jr, 美国; J. Slingo, 英国; K. Sperber, 美国; R. Stouffer, 美国; M. Sugi, 日本; J. Syktus, 澳大利亚; K. Taylor, 美国; S. Tett, 英国; S. Tibaldi, 意大利; W. Wang, 美国; K. Washington, 美国; B. Weare, 美国; D. Williamson, 美国; T. Yamagata, 日本; Z. Yang, 美国; R. Zhang, 中国; M. Zhang, 美国; F. Zwiers, 加拿大

#### 第六章: 气候模式——未来气候的预测

##### 主要作者召集人

A. Kattenberg, 荷兰

##### 主要作者

F. Giorgi, 美国; H. Grassl, 德国; G. Meehl, 美国; J. Mitchell, 英国; R. Stouffer, 美国; T. Tokioka, 日本; A. Weaver, 加拿大; T. Wigley, 美国

##### 撰稿人

A. Barros, 美国; M. Beniston, 瑞士; G. Boer, 加拿大; T. Buishand, 荷兰; J. Christensen, 丹麦; R. Colman, 澳大利亚; J. Copeland, 美国; P. Cox, 英国; A. Cress, 德国; U. Cubasch, 德国; M. Deque, 法国; G. Flato, 加拿大; 符涂斌, 中国; I. Fung, 加拿大; J. Garratt, 澳大利亚; S. Ghan, 美国; H. Gordon, 澳大利亚; J. Gregory, 英国; P. Guttorp, 美国; A. Henderson-Sellers, 澳大利亚; K. Hennessy, 澳大利亚; H. Hirakuchi, 日本; G. Holland, 澳大利亚; B. Horton, 英国; T. Johns, 英国; R. Jones, 英国; M. Kanamitsu, 美国; T. Karl, 美国; D. Karoly, 澳大利亚; A. Keen, 英国; T. Kittel, 美国; T. Knutson, 美国; T. Koide, 日本; G. Konnen, 荷兰; M. Lal, 印度; R. Laprise, 加拿大; R. Leung, 美国; A. Lupo, 美国; A. Lynch, 澳大利亚; C. Ma, 美国; B. Machenhauer, 德国; E. Maier-Reimer, 德国; M. Marinucci, 美国; B. McAvaney, 澳大利亚; J. McGregor, 澳大利亚; L. Mearns, 美国; N. Miller, 美国; J. Murphy, 英国; A. Noda, 日本; M. Noguer, 英国; J. Oberhuber, 德国; S. Parey, 法国; H. Plesch, 挪威; J. Raisanen, 芬兰; D. Randall, 美国; S. Raper, 英国; P. Rayner, 美国; J. Roads, 美国; E. Roeckner, 德国; G. Russell, 美国; H. Sasaki, 日本; F. Semazzi, 美国; C. Senior, 英国; C. Skelly, 澳大利亚; K. Sperber, 美国; K. Taylor, 美国; S. Tett, 英国; H. von Storch, 德国; K. Walsh, 澳大利亚; P. Whetton, 澳大利亚; D. Wilks, 美国; I. Woodward, 英国; F. Zwiers, 加拿大

#### 第七章: 海平面变化

##### 主要作者召集人

D. Warrick, 新西兰

##### 主要作者

C. Le Provost, 法国; M. Meier, 美国; J. Oerlemans, 荷兰; P. Woodworth, 英国

**撰稿人**

R. Alley, 美国; C. Bentley, 美国; R. Bindshadler, 美国; R. Braithwaite, 英国; B. Douglas, 美国; M. Dyurgerov, 俄罗斯联邦; N. Flemming, 英国; C. Genthon, 法国; V. Gornit, 美国; J. Gregory, 英国; W. Haeberli, 瑞士; P. Huybrechts, 德国; T. Johannesson, 冰岛; U. Mikolajewic, 德国; S. Raper, 英国; D. Sahagian, 美国; T. Wigley, 美国; J. de Wolde, 荷兰

**第八章: 气候变化的探测及起因**

**主要作者召集人**

B. Santer, 美国

**主要作者**

E. Anyamba, 美国; T. Barnett, 美国; T. Wigley, 美国

**撰稿人**

P. Bloomfield, 美国; E. Cook, 美国; C. Covey, 美国; T. Crowley, 美国; T. Delworth, 美国; L. Gates, 美国; N. Graham, 美国; J. Gregory, 英国; J. Hansen, 美国; K. Hasselmann, 德国; G. Hegerl, 德国; T. Johns, 英国; P. Johns, 英国; T. Karl, 美国; D. Karoly, 澳大利亚; H. Khesghi, 美国; M. MacCracken, 美国; K. Maskell, 英国; G. Meehl, 美国; J. Mitchell, 英国; J. Murphy, 英国; N. Nicholls, 澳大利亚; G. North, 美国; M. Oppenheimer, 美国; J. Penner, 美国; S. Power, 澳大利亚; A. Robock, 美国; C. Senior, 英国; K. Taylor, 美国; S. Tett, 英国; F. Zwiers, 加拿大

**第九章: 对环境的陆地生物响应和对气候的反馈**

**主要作者召集人**

J. Melillo, 美国

**主要作者**

G. Farquhar, 澳大利亚; C. Prentice, 瑞典; O. Sala, 阿

根廷; E. Schulze, 德国

**撰稿人**

P. Bartlein, 美国; F. Bazzaz, 美国; R. Bradshaw, 瑞典; J. Clark, 美国; M. Claussen, 德国; G. Collat, 美国; M. Coughenour, 美国; C. Field, 美国; J. Foley, 澳大利亚; A. Friend, 英国; B. Huntely, 英国; C. Korner, 瑞士; W. Kur, 加拿大; R. Leemans, 荷兰; J. Lloyd, 澳大利亚; P. Martin, 意大利; K. McNaughton, 新西兰; A. McGuire, 美国; R. Neilson, 美国; W. Oechel, 美国; J. Overpeck, 美国; W. Parton, 美国; L. Pitelka, 美国; D. Rind, 美国; S. Running, 美国; D. Schimel, 美国; T. Smith, 美国; T. Webb, 美国; . Whitlock, 美国

**第十章: 对环境的海洋生物响应和对气候的反馈**

**主要作者召集人**

K. Denman, 加拿大

**主要作者**

E. Hofmann, 美国; H. Marchant, 澳大利亚

**撰稿人**

M. Abbott, 美国; T. Bates, 美国; S. Calvert, 加拿大; M. Fasham, 英国; R. Jahnke, 美国; S. Kempe, 德国; R. Lara, 德国; C. Law, 英国; P. Liss, 英国; A. Michaels, 百慕大; T. Pederson, 加拿大; M. Pena, 加拿大; T. Platt, 加拿大; K. Van Scoy, 英国; J. Sharp, 美国; D. Thomas, 以色列; J. Walsh, 美国; A. Watson, 英国

**第十一章: 提高我们的认识**

**主要作者召集人**

G. McBean, 加拿大

**主要作者**

P. Liss, 英国; S. Schneider, 美国

IPCC 第二工作组1995年报告

**决策者摘要和技术摘要的作者/撰稿人**

R. T. Watson, 美国; M. C. Zinyowera, 津巴布韦; R. H. Moss, 美国; R. Acosta Moreno, 古巴; S. Adhikary, 尼泊尔; M. Adler, 美国; S. Agrawala, 印度; A. Guillermo Aguilar, 墨西哥; S. Al-Khouli, 沙特阿拉伯; B. Allen - Diaz, 美国; M. Ando, 日本; R. Andressen, 委内瑞拉; B. W. Ang, 新加坡; N. Arnell, 英国; A. Arquit - Niederberger, 瑞士; W. Baethgen, 乌拉圭; B. Bates, 澳大利亚; M. Beniston, 瑞士; R. Bierbaum, 美国; L. Bijlsma, 荷兰; M. Boko, 贝宁; B. Bolin, 瑞典; S. Bolton, 美国; E. Bravo, 委内瑞拉; S. Brown, 美国; P. Bullock, 英国; M. Cannell, 英国; O. Canziani, 阿根廷; R. Carcavallo, 阿根廷; C. Clemente Cerri, 巴西; W. Chandler, 美国; F. Cheghe, 肯尼亚; 刘春霖, 中国; V. Cole, 美国; W. Cramer, 德国; R. V. Cruz, 菲律宾; O. Davidson, 赛拉利昂; E. Desa, 印度; Deying Xu, 中国; S. Diaz, 阿根廷; A. Dlugolecki, 英国; J. Edmonds, 美国; J. Everett, 美国; A. Fischlin, 瑞士; B. Fitzharris, 新西兰; D. Fox, 美国; J. Friaa, 突尼斯; A. Rauja Gacuhi, 肯尼亚; W. Galinski, 波兰; H. Gi-

tay, 澳大利亚; P. Groffman, 美国; A. Grubler, 奥地利; H. Gruenspecht, 美国; S. Hamburg, 美国; T. Hoffman, 南非; J. I. Holten, 挪威; H. Ishitani, 日本; V. Ittekkot, 德国; T. Johansson, 瑞典; Z. Kaczmarek, 波兰; T. Kashiwagi, 日本; M. Kirschbaum, 澳大利亚; P. Komor, 美国; A. Krovnin, 俄罗斯联邦; R. Klein, 荷兰; S. Kulshrestha, 印度; H. Lang, 瑞士; H. Le Houerou, 法国; R. Leemans, 荷兰; M. Levine, 美国; 林而达, 中国; D. Lluch - Belda, 墨西哥; M. MacCracken, 美国; J. Magnuson, 美国; G. Mailu, 肯尼亚; J. Mworio Maitima, 肯尼亚; G. Marland, 美国; R. Moreira, 巴西; P. Mulholland, 美国; N. Nakicenovic, 奥地利; R. Nicholls, 英国; S. Nishioka, 日本; I. Noble, 澳大利亚; L. Nurse, 巴巴多斯; R. Odongo, 肯尼亚; R. Ohashi, 日本; E. Okenwa, 肯尼亚; M. Oquist, 瑞典; M. Parry, 英国; M. Perdomo, 委内瑞拉; M. Petit, 法国; W. Piver, 美国; P. S. Ramakrishnan, 印度; J. Reilly, 美国; A. Riedacker, 法国; H. H. Rogner, 加拿大; J. Sathae, 美国; D. Sauerbeck, 德国; M. Scott, 美国; S. Sharma, 印度; D. Shriner, 美国; S. K. Sinha,

印度; J. Skea, 英国; A. Solomon, 美国; E. Stakhiv, 美国; O. Starosolszky, 匈牙利; 苏纪兰, 中国; A. Suarez, 古巴; B. Svensson, 瑞典; H. Takakura, 日本; M. Taylor, 美国; L. Tessier, 法国; D. Tirpak, 美国; Tran Viet Lien, 越南; J. - P. Troadec, 法国; H. Tsukamoto, 日本; I. Tsuzaka, 日本; P. Vellinga, 荷兰; T. Williams, 美国; P. Young, 美国; Youyu Xie, 中国; Zhou Fengqi, 中国

#### 第A章: 陆地生态系统的生态生理、生态和土壤过程: 一般概念和关系入门

##### 主要作者召集人

M. U. F. Kirschbaum, 澳大利亚

##### 主要作者

P. Bullock, 英国; J. R. Evans, 澳大利亚; K. Goulding, 英国; P. G. Jarvis, 英国; I. R. Noble, 澳大利亚; M. Rounsevell, 英国; T. D. Sharkey, 美国

##### 撰稿人

M. P. Austin, 澳大利亚; P. Brookes, 英国; S. Brown, 美国; H. K. M. Bugmann, 德国; W. P. Cramer, 德国; S. Diaz, 阿根廷; H. Gitay, 澳大利亚; S. P. Hamburg, 美国; J. Harris, 英国; J. I. Holten, 挪威; P. E. Kriedemann, 澳大利亚; H. N. Le Houerou, 法国; S. Linder, 瑞典; R. J. Luxmoore, 美国; R. E. McMurtrie, 澳大利亚; E. B. Rastetter, 美国; R. Roetter, 德国; W. Sombroek, 粮农组织; S. C. vande Geijn, 荷兰

#### 第B章: 能源入门

##### 主要作者召集人

N. Nakicenovic, IIASA

##### 主要作者

A. Grubler, IIASA; H. Ishitani, 日本; T. Johansson, 瑞典; G. Marland, 美国; J. R. Moreira, 巴西; H-H. 加拿大

#### 第一章: 气候变化对森林的影响

##### 主要作者召集人

M. U. F. Kirschbaum, 澳大利亚; A. Fischlin, 瑞士

##### 主要作者

M. G. R. Cannell, 英国; R. V. O. Cruz, 菲律宾; W. Galinski, 波兰; W. P. Cramer, 德国

##### 撰稿人

A. Alvarez, 古巴; M. P. Austin, 澳大利亚; H. K. M. Bugmann, 德国; T. H. Booth, 澳大利亚; M. W. S. Cpompha, 马拉维; W. M. Ciesla, 粮农组织; D. Eamus, 澳大利亚; J. G. Goldammer, 德国; A. Henderson-Sellers, 澳大利亚; B. Huntley, 英国; J. L. Innes, 瑞士; M. R. Kaufmann, 美国; N. Krauchi, 瑞士; G. A. Kile, 澳大利亚; A. O. Kokorin, 俄罗斯联邦; Ch. Körner, 瑞士; J. Landsberg, 澳大利亚; S. Linder, 瑞典; R. Leemans, 荷兰; R. J. Luxmoore, 美国; A. Markham, WWF; R. E. McMurtrie, 澳大利亚; R. P. Neilson, 美国; R. J. Norby, 美国; J. A. Odera, 肯尼亚; I. C. Prentice, 瑞典; L. F. Pitelka, 美国; E. B. Rastetter, 美国; A. M. Solomon, 美国; R. Stewart, 加拿大;

J. van Minnen, 荷兰; M. Weber, 德国; D. Xu, 中国

#### 第二章: 气候变化中的牧场: 影响、适应和减缓

##### 主要作者召集人

B. Allen-Diaz, 美国

##### 首席作者

F. S. Chapin, 美国; S. Diaz, 阿根廷; M. Howden, 澳大利亚; J. Puigdefabregas, 西班牙; M. Stafford Smith, 澳大利亚

##### 主要作者

T. Bening, 美国; F. Bryant, 美国; B. Campbell, 新西兰; J. du Toit, 津巴布韦; K. Galvin, 美国; E. Holland, 美国; L. Joyce, 美国; A. K. Knapp, 美国; P. Matson, 美国; R. Miller, 美国; D. Ojima, 美国; W. Polley, 美国; T. Seastedt, 美国; A. Suarez, 古巴; T. Svejcar, 美国; C. Wessman, 美国;

##### 撰稿人

W. N. Ekaya, 肯尼亚; J. Ellis, 美国; L. D. Incoll, 英国; J. Kinyamario, 肯尼亚; N. Maceira, 阿根廷; C. Magadza, 津巴布韦; T. Oikawa, 日本; R. Rodriguez, 阿根廷; O. Sala, 阿根廷; C. Scoppa, 阿根廷

#### 第三章: 气候变化中的沙漠: 影响

##### 主要作者召集人

I. R. Noble, 澳大利亚; H. Gitay, 澳大利亚

##### 撰稿人

A. N. Alwelaie, 沙特阿拉伯; M. T. Hoffman, 南非; A. R. Saunders, 澳大利亚

#### 第四章: 土地退化和沙漠化

##### 主要作者召集人

P. Bullock, 英国; H. Le Houerou, 法国

##### 首席作者

M. T. Hoffman, 南非; M. Rounsevell, 英国; J. Sehgal, 印度; G. Varallyay, 匈牙利

##### 撰稿人

A. Aidoud, 阿尔及利亚; R. Balling, 美国; C. Long-Jun, 中国; K. Goulding, 英国; L. N. Harsh, 印度; N. Kharin, 土库曼斯坦; K. Labraga, 阿根廷; R. Lal, 美国; S. Milton, 南非; H. Muturi, 肯尼亚; F. Nachtergaele, FAO; A. Palmer, 南非; D. Powlson, 英国; J. Puidfabregas, 西班牙; J. Rogasik, 德国; M. Rostagno, 阿根廷; P. Roux, 南非; D. Sauerbeck, 德国; W. Sombroek, FAO; C. Valentin, 法国; W. Lixian, 中国; M. Yoshino, 日本

#### 第五章: 气候变化对山地的影响

##### 主要作者召集人

M. Beniston, 瑞士; D. G. Fox, 美国

##### 首席作者

S. Adhikary, 尼泊尔; R. Andressen, 委内瑞拉; A. Guisan, 瑞士; J. I. Holten, 挪威; J. Innes, 瑞士; J. Maitima, 肯尼亚; M. F. Price, 英国; L. Tessier, 法国

##### 撰稿人

R. Barry, 美国; C. Bonnard, 瑞士; F. David, 法国; L.

Graumlich, 美国; P. Halpin, 美国; H. Henttonen, 芬兰; F. -K. Holtmeier, 德国; A. Jaervinen, 芬兰; S. Jonasson, 丹麦; T. Kittel, 美国; F. Kjoetzli, 瑞士; C. Korner, 瑞士; N. Krauchi, 瑞士; U. Molau, 瑞典; R. Musselman, 美国; P. Ottesen, 挪威; D. Peterson, 美国; N. Saellthun, 挪威; Xuemei Shao, 中国; O. Skre, 挪威; O. Solomina, 俄罗斯联邦; R. Spichiger, 瑞士; E. Sulzman, 美国; M. Thinon, 法国; R. Williams, 澳大利亚

#### 第六章: 非潮汐湿地

##### 主要作者召集人

M. G. Oquist, 瑞典; B. H. Svensson, 瑞典

##### 首席作者

P. Groffman, 美国; M. Taylor, 美国

##### 撰稿人

K. B. Bartlett, 美国; M. Boko, 贝宁; J. Brouwer, 荷兰; O. F. Canziani, 阿根廷; C. B. Craft, 美国; J. Laine, 芬兰; E. Matthew, 美国; W. Mullie, 荷兰; S. Page, 英国; C. J. Richardson, 美国; J. Rieley, 英国; N. Roul, 加拿大; J. Silvola, 芬兰; 张瑛, 中国

#### 第七章: 冰冻层: 变化及其影响

##### 主要作者召集人

B. Blair Fitzharris, 新西兰

##### 首席作者

I. Allison, 澳大利亚; R. J. Braithwaite, 丹麦; J. Brown, 美国; P. M. B. Foehn, 瑞士; W. Haeblerli, 瑞士; K. Higuchi, 日本; V. M. Kotlyakov, 俄罗斯联邦; T. D. Prowse, 加拿大; C. A. Rinaldi, 阿根廷; P. Wadhams, 英国; M. K. Woo, 加拿大; Xie Youyu, 中国

##### 撰稿人

O. Anisimov, 俄罗斯联邦; A. Aristarain, 阿根廷; R. A. Assel, 美国; R. G. Barry, 美国; R. D. Brown, 加拿大; F. Dramis, 意大利; S. Hastenrath, 美国; A. G. Lewkowicz, 加拿大; E. C. Malagnino, 阿根廷; S. Neale, 新西兰; F. E. Nelson, 美国; D. A. Robinson, 美国; P. Skvarca, 阿根廷; A. E. Taylor, 加拿大; A. Weidick, 丹麦

#### 第八章: 海洋

##### 主要作者召集人

V. Ittekkot, 德国

##### 首席作者

苏纪兰, 中国; E. Miles, 美国

##### 主要作者

E. Desai, 印度; B. N. Deai, 印度; J. T. Everett, 美国; J. J. Magnuson, 美国; A. Tsyban, 俄罗斯联邦; S. Zuta, 秘鲁

##### 撰稿人

E. Aquize, 秘鲁; S. Arnott, 美国; P. Ayon Dejo, 秘鲁; D. Binet, 法国; H. S. Bolton, 美国; R. Calienes, 秘鲁; S. Carrasco Barrenra, 秘鲁; J. A. Church, 澳大利亚; A. Copping, 美国; D. L. Fluharty, 美国; B. V. Glebov, 俄罗斯联邦; K. P. Kolternamm, 德国; A. S. Kulikov,

俄罗斯联邦; S. Nicol, 澳大利亚; P. D. Nunn, 斐济; G. V. Panov, 俄罗斯联邦; P. K. Park, 美国; A. B. Pittock, 澳大利亚; P. Schaefer, 德国; S. Shchuka, 俄罗斯联邦; H. Trevino, 秘鲁; D. J. Webb, 英国; R. Zahn, 德国

#### 第九章: 海岸带和小岛屿

##### 主要作者召集人

L. Bijlsma, 荷兰

##### 主要作者

C. N. Ehler, 美国; R. J. T. Klein, 荷兰; S. M. Kulshrestha, 印度; R. F. McLean, 澳大利亚; N. Mimura, 日本; R. J. Nicholls, 英国; L. A. Nurse, 巴巴多斯; H. Perez Nieto, 委内瑞拉; E. Z. Stakhiv, 美国; R. K. Turner, 英国; R. A. Warrick, 新西兰

##### 撰稿人

W. N. Adger, 英国; 杜碧兰, 中国; B. E. Brown, 英国; D. L. Elder, 瑞士; V. M. Gornitz, 美国; K. Hofius, 德国; P. M. Holligan, 英国; F. M. J. Hoozemans, 荷兰; D. Hopley, 澳大利亚; Y. Hosokawa, 日本; G. A. Maul, 美国; K. McInnes, 澳大利亚; D. Richardson, 英国; S. Subak, 英国; M. Sullivan, 澳大利亚; L. Valianos, 美国; W. R. White, 英国; P. L. Woodworth, 英国; 杨华庭, 中国

#### 第十章: 水文学和淡水生态学

##### 主要作者召集人

N. Arnell, 英国; B. Bates, 澳大利亚; H. Lang, 瑞士; J. J. Magnuson, 美国; P. Mulholland, 美国

##### 首席作者

S. Fisher, 美国; C. Liu, 中国; D. McKnight, 美国; O. Starosolszky, 匈牙利; M. Taylor, 美国 撰稿人  
E. Aquize, 秘鲁; S. Arnott, 加拿大; D. Brakke, 美国; L. Braun, 德国; S. Chalise, 尼泊尔; C. Chen, 美国; C. L. Folt, 美国; S. Gafny, 以色列; K. Hanaki, 日本; R. Hecky, 加拿大; G. H. Leavesley, 美国; H. Lins, 美国; J. Nemecek, 瑞士; K. S. Ramasastri, 印度; L. Somlyody, 匈牙利; E. Stakhiv, 美国

#### 第十一章: 工业、能源和运输: 影响和适应

##### 主要作者召集人

R. Acosta Moreno, 古巴; J. Skea, 英国

##### 首席作者

A. Gacuhi, 肯尼亚; D. L. Greene, 美国; W. Moomaw, 美国; T. Okita, 日本; A. Riedacker, 法国; Tran Viet Lien, 越南

##### 主要作者

R. Ball, 美国; W. S. Breed, 美国; E. Hillsman, 美国

#### 第十二章: 气候变化中的人类居住环境: 影响和适应

##### 主要作者召集人

M. J. Scott, 美国

##### 首席作者

A. G. Aguilar, 墨西哥; I. Douglas, 英国; P. R.

Epstein, 美国; D. Liverman, 美国; G. M. Mailu, 肯尼亚; E. Shove, 英国

**主要作者**

A. F. Dlugolecki, 英国; K. Hanaki, 日本; Y. J. Huang, 美国; C. H. D. Magadza, 津巴布韦; J. G. J. Olovier, 荷兰; J. Parikh, 印度; T. H. R. Peries, 斯里兰卡; J. Skea, 英国; M. Yoshino, 日本

**第十三章:气候变化中的农业**

**主要作者召集人**

J. Reilly, 美国

**主要作者**

W. Baethgen, 乌拉圭; F. E. Chege, 肯尼亚; S. C. van de Geijn, 荷兰; 林而达, 中国; A. Iglesias, 西班牙; G. Kenny, 新西兰; D. Patterson, 美国; J. Rogasik, 德国; R. Rotter, 荷兰; C. Rosenzweig, 美国; W. Sombroek, FAO; J. Westbrook, 美国

**撰稿人**

D. Bachelet, 法国; M. Brklacich, 加拿大; U. Damngen, 德国; M. Howden, 澳大利亚; R. J. V. Joyce, 威尔士; P. D. Lingren, 美国; D. Schimmelpfennig, 美国; U. Singh, IRRI, 菲律宾; O. Sirotenko, 俄罗斯联邦; E. Wheaton, 加拿大

**第十四章:水资源管理**

**主要作者召集人**

Z. Kaczmarek, 波兰

**首席作者**

N. W. Arnell, 英国; E. Z. Stakhiv, 美国

**主要作者**

K. Hanaki, 日本; G. M. Mailu, 肯尼亚; L. Somlyódy, 匈牙利; K. Strzepek, 美国

**撰稿人**

A. J. Askew, 瑞士; F. Bultot, 比利时; J. Kindler, 美国; Z. Kundzewicz, 瑞士; D. C. Major, 美国; A. B. Pittock, 澳大利亚; D. G. Rutashobya, 坦赞尼亚; H. H. G. Savenije, 荷兰; C. Somorowski, 波兰; K. Szesztay, 匈牙利

**第十五章:气候和土地应用变化中的木材生产**

**主要作者召集人**

A. M. Solomon, 美国

**首席作者**

N. H. Ravindranath, 印度; R. B. Stewart, 加拿大; M. Weber, 德国; S. Nilsson, 瑞典

**主要作者**

P. N. Duinker, 加拿大; P. M. Fearnside, 美国; P. J. Hall, 加拿大; R. Ismail, 马来西亚; L. A. Joyce, 美国; S. Kojima, 日本; W. R. Makundi, 坦赞尼亚; D. F. W. Pollard, 加拿大; A. Shvidenko, 俄罗斯联邦; W. Skinner, 加拿大; B. J. Stocks, 加拿大; R. Sukumar, 印度; 许德应, 中国

**第十六章:渔业**

**主要作者召集人**

J. T. Everett, 美国

**主要作者**

A. Krovnin, 俄罗斯联邦; D. Lluch-Belda, 墨西哥; E. Okemwa, 肯尼亚; H. A. Regier, 加拿大; J. P. Troadec, 法国

**撰稿人**

D. Binet, 法国; H. S. Bolton, 美国; R. Callendar, 美国; S. Clark, 美国; I. Everson, 英国; S. Fiske, 美国; G. Flittner, 美国; M. Glantz, 美国; G. J. Glova, 新西兰; C. Grimes, 美国; J. McVey, 美国; R. Methot, 美国; D. Mountain, 美国; S. Nicol, 澳大利亚; L. Paul, 新西兰; R. Park, 美国; I. Poiner, 澳大利亚; J. Richey, 美国; G. Sharp, 美国; K. Sherman, 美国; T. Sibley, 美国; R. Thresher, 澳大利亚; D. Welch, 加拿大

**第十七章:金融服务**

**主要作者召集人** A. F. Dlugolecki, 英国

**主要作者**

K. M. Clark, 美国; F. Knecht, 瑞士; D. McCaulay, 牙买加; J. P. Palutikof, 英国; W. Yambi, 坦赞尼亚

**第十八章:人类健康**

**主要作者召集人**

A. J. McMichael, 澳大利亚/英国

**主要作者**

M. Ando, 日本; R. Carvalho, 阿根廷; P. Epstein, 美国; A. Haines, 英国; G. Jendritzky, 德国; L. Kalkstein, 美国; R. Odongo, 肯尼亚; J. Patz, 美国; W. Piver, 美国

**撰稿人:**

R. Anderson, 英国; S. Curto de Casaa, 阿根廷; I. Galindez Giron, 委内瑞拉; S. Kovats, 英国; W. J. M. Martens, 荷兰; D. Mills, 美国; A. R. Moreno, 墨西哥; W. Resen, 美国; R. Slooff, 世界卫生组织; D. Waltner-Toews, 加拿大; A. Woodward, 新西兰

**第十九章:能原供应领域的减缓措施**

**主要作者召集人**

H. Ishitani, 日本; T. B. Johansson, 瑞典

**主要作者**

S. Al-Khouli, 沙特阿拉伯; H. Audus, 国际能源局; E. Bertel, 国际原子能机构; E. Bravo, 委内瑞拉; J. A. Edmonds, 美国; S. Frandsen, 丹麦; D. Hall, 英国; K. Heinloth, 德国; M. Jefferson, 世界能源会议; P. de Laquil III, 美国; J. R. Moreira 巴西; N. Nakicenovic, 国际应用系统分析研究所; Y. Ogawa, 日本; R. Pachauri, 印度; A. Riedacker, 法国; H. H. Rogner, 加拿大; K. Saviharju, 芬兰; B. Sorensen, 丹麦; G. Stevens, OECD/NEA; W. C. Turkenburg, 荷兰; R. H. Williams, 美国; Zhou Fengqi, 中国

**撰稿人**

I. B. Friedleifsson, 冰岛; A. Inaba, 日本; S. Rayner, 美国; J. S. Robertson, 英国

**第二十章:工业**

**主要作者召集人**

T. Kashiwagi, 日本

**首席作者**

J. Bruggink, 荷兰; P. N. Giraud, 法国; P. Khanna, 印度; W. R. Moomaw, 美国

## 第二十一章: 运输部门的减缓措施

### 主要作者召集人

L. Michaelis, 经济合作发展组织

### 首席作者

D. Bleiviss, 法国; J. P. Orteuil, 法国; R. Pischinger, 奥地利

### 主要作者

J. Crayston, 国际民航组织; O. Davidson, 塞拉利昂; T. Kram, 荷兰; N. Nakicenovic, 国际应用系统分析研究所; L. Schipper, 美国

### 撰稿人

G. Banjo, 尼日利亚; D. Banister, 英国; H. Dimitriou, 香港; D. Greene, 美国; L. Greening, 美国; A. Grubler, 国际应用系统分析研究所; S. Hausberger, 奥地利; D. Lister, 英国; J. Philpott, 美国; J. Rabinovitch, 巴西; N. Sagawa, 日本; C. Zegras, 美国

## 第二十二章: 人类居住区减缓措施

### 主要作者召集人

M. D. Levine, 美国

### 首席作者

H. Akbari, 美国; J. Busch, 美国; G. Dutt, 阿根廷; K. Hogan, 美国; P. Komor, 美国; S. Meyers, 美国; H. Tsuchiya, 日本

### 主要作者

G. Henderson, 英国; L. Price, 美国; K. A. Smith, 美国; Lang Siwei, 中国

## 第二十三章: 减缓温室气体排放的农业方法

### 主要作者召集人

V. Cole, 美国

### 首席作者

C. Cerri, 巴西; K. Minami, 日本; A. Mosier, 美国; N. Rosenberg, 美国; D. Sauerbeck, 德国

### 主要作者

J. Dumanski, 加拿大; J. Duxbury, 美国; J. Freney, 澳大利亚; R. Gupta, 印度; O. Heinemeyer, 德国; T. Kolchugina, 俄罗斯; J. Lee, 美国; K. Paustian, 美国; D. Powlson, 英国; N. Sampson, 美国; H. tiessen, 加拿大; M. van Noordwijk, 印度尼西亚; Q. Zhao, 中国

### 撰稿人

I. P. Abrol, 印度; T. Barnwell, 美国; C. A. Campell, 加拿大; R. L. Desjardin, 加拿大; C. Feller, 法国; P. Garin, 法国; M. J. Glendining, 英国; E. G. Gregorich, 加拿大; D. Johnson, 美国; J. Kimble, 美国; R. Lal, 美国; C. Montreal, 加拿大; D. Ojima, 美国; M. Padgett,

美国; W. Post, 美国; W. Sombroek, 荷兰; C. Tarnocai, 加拿大; T. Vinson, 美国; S. Vogel, 美国; G. Ward, 美国

## 第二十四章: 减缓温室气体排放的森林管理

### 主要作者召集人

S. Brown, 美国

### 首席作者

J. Sathaye, 美国; Melvin Cannell, 英国; P. Kauppi, 芬兰

### 撰稿人

P. Burschel, 德国; A. Grainger, 英国; J. Heuvelink, 德国; R. Leemans, 荷兰; P. Moura Costa, 巴西; M. Pinard, 美国; S. Nilsson, 瑞典; W. Schopfhauser, 奥地利; R. Sedjo, 美国; N. Singh, 印度; M. Trexler, 美国; J. van Minnen, 荷兰; S. Weyers, 德国

## 第二十五章: 缓解方法: 跨部门及其它问题

### 主要作者召集人

R. Leemans, 荷兰

### 主要作者

S. Agrawala, 印度; J. A. Edmonds, 美国; M. C. MacCracken, 美国; R. Moss, 美国; P. S. Ramakrishnan, 印度

## 第二十六章: 评估气候变化的影响和适应的技术指南

### 主要作者召集人

T. Carter, 芬兰; H. Harasawa, 日本; S. Nishioka, 日本; M. Parry, 英国

### 撰稿人

R. Christ, 联合国环境规划署; P. Epstein, 美国; N. S. Jodha, 尼泊尔; J. Scheraga, 美国; E. Stakhiv, 美国

## 第二十七章: 评估减缓措施的方法

### 主要作者召集人

D. A. Tirpak, 美国

### 主要作者

M. Adler, 美国; D. Bleiviss, 美国; J. Christensen, 丹麦; O. Davidson, 塞拉利昂; D. Phantumvanit, 泰国; J. Rabinovitch, 阿根廷; J. Sathaye, 美国; C. Smyser, 美国

## 第二十八章: 技术, 方法和操作清单

### 主要作者召集人

D. G. Streets, 美国

### 首席作者

W. B. Ashton, 美国; K. Hogan, 美国; P. Wibulswas, 泰国; T. Williams, 美国

## IPCC 第三工作组 1995 年报告

### 第一章: 引言: 评估范围

#### 主要作者

J. Goldemberg, 巴西; R. Squitien, 美国; J. Stiglitz, 美

国; A. Amano, 日本; 谢绍雄, 中国; R. Saha, 毛里求斯

#### 撰稿人



S. Kane, 美国; J. Reilly, 美国; Teisberg 美国

## 第二章:处理气候变化的决策框架

### 主要作者

K. J. Arrow, 美国; J. Parikh, 印度; G. Pillet 瑞士

### 撰稿主要作者

M. Grubb, 英国; E. Haites, 加拿大; J. C. Hourcade, 法国; K. Parikh, 印度; F. Yamin, 英国

### 撰稿人

P. G. Babu, 印度; G. Chichilnisky, 美国; S. Faucheux, 法国; G. Froger, 法国; F. Gassmann, 瑞士; W. Hediger, 瑞士; S. Kavi Kumar, 印度; S. C. Peck, 美国; R. Richels, 美国; C. Suarez, 阿根廷; R. Tol, 荷兰

## 第三章:公平和社会考虑

### 主要作者

T. Banuri, 巴基斯坦; K. Goran - Maler, 瑞典; M. Grubb, 英国; H. K. Jacobson, 美国; F. Yamin, 英国

## 第四章:跨时代公平,折扣和经济效率

### 主要作者

K. J. Arrow, 美国; W. R. Cline, 美国; K. Goran - Maler, 瑞典; M. Munasinghe, 斯里兰卡; R. Squitieri, 美国

## 第五章:气候变化中成本效益分析技术的可应用性

M. Munasinghe, 斯里兰卡; P. Meier, 美国; M. Hoel, 挪威; S. W. Hong, 韩国; A. Aaheim, 挪威

## 第六章:气候变化的社会成本:温室气体的破坏及控制的效益

### 主要作者

D. W. Pearce, 英国; W. R. Cline, 美国; A. N. Achanta, 印度; S. Fankhauser, 英国; R. K. Pachauri, 印度; R. S. J. Tol, 荷兰; P. Vellinga, 荷兰

## 第七章:对策措施的一般评估

### 主要作者

C. J. Jepma, 荷兰; M. Asaduzzaman, 孟加拉; I. Mintzer, 美国; R. S. Maya, 津巴布韦; M. Al - Monneef, 沙特阿拉伯

### 撰稿人

J. Byrne, 美国; H. Geller, 美国; C. A. Hendriks, 西班牙; M. Jefferson, 英国; G. Leach, 英国; A. Qureshi, 美国; W. Sassini, 奥地利; R. A. Sedjo, 美国; A. van der Veen, 荷兰

## 第八章:估算减缓温室气体的成本

### 主要作者召集人

J-C. Hourcade, 法国

### 首席作者

R. Richels, 美国; J. Robinson, 加拿大

### 主要作者

W. Chandler, 美国; O. Davidson, 塞拉利昂; J. Edmonds, 美国; D. Finon, 法国; M. Grubb, 英国; K. Halsnaes, 丹麦; K. Hogan, 美国; M. Jaccard, 加拿大; F. Krause, 美国; E. La. Rovere, 巴西; W. D. Montgomery, 美国; P. Nastari, 巴西; A. Pegov, 俄罗斯联邦; K. Richards, 美国; L. Schrattenholer, 奥地利; D. Siniscalco, 意大利; P. R. Shukla, 印度; Y. Sokona, 塞内加尔; P. Sturm, 法国; A. Tudini, 意大利

## 第九章:减缓成本研究的回顾

### 主要作者召集人

J-C. Hourcade, 法国

### 首席作者

K. Halsnaes, 丹麦; M. Jaccard, 加拿大; W. D. Montgomery, 美国; R. Richels, 美国; J. Robinson, 加拿大; P. R. Shukla, 印度; P. Sturm, 法国

### 主要作者

W. Chandler, 美国; O. Davidson, 塞拉利昂; J. Edmonds, 美国; D. Finon, 法国; K. Hogan, 美国; F. Krause, 美国; A. Kolesov, 俄罗斯联邦; E. La Rovere, 巴西; P. Nastari, 巴西; A. Pegov, 俄罗斯联邦; K. Richards, 美国; L. Schrattenholer, 奥地利; R. Shackleton, 美国; Y. Sokona, 塞内加尔; A. Tudini, 意大利; J. Weyant, 美国

## 第十章:气候变化的综合评估:方法和结果的概述和对比

### 主要作者召集人

J. Weyant, 美国

### 首席作者

O. Davidson, 塞拉利昂; H. Dowlatabadi, 美国; J. Edmonds, 美国; M. Grubb, 英国; E. A. Parson, 美国; R. Richels, 美国; J. Botmans, 荷兰; P. R. Shukla, 印度; R. S. J. Tol, 荷兰

### 主要作者

W. Cline, 美国; S. Fankhauser, 英国

## 第十一章:防止气候变化政策文件的经济评估

### 主要作者

B. S. Fisher, 澳大利亚; S. Barrett, 英国; P. Bohm, 瑞典; M. Kuroda, 日本; J. K. E. Mubazi, 乌干达; A. Shah, 美国; R. N. Stavins, 美国

### 撰稿人

E. Haites, 加拿大; M. Hinchey, 澳大利亚; S. Thorpe, 澳大利亚

---

## IPCC 成果表

---

### 1. IPCC 第一次评估报告(1990)

- a) 气候变化—IPCC 科学评估。IPCC 科学评估工作组 1990 年报告(亦有中、法、俄和西班牙版本)
- b) 气候变化—IPCC 影响评估。IPCC 影响评估工作组 1990 年报告(亦有中、法、俄和西班牙版本)
- c) 气候变化—IPCC 对策。IPCC 对策评估工作组 1990 年报告(亦有中、法、俄和西班牙版本)
- d) 概述和决策者摘要, 1990

排放构想(由 IPCC 对策工作组撰稿, 1990)

沿海地区对海平面上升的脆弱性评估—共同方法, 1991

### 2. IPCC 补充报告(1992)

- a) 气候变化 1992—IPCC 科学评估补充报告。IPCC 科学评估工作组 1992 年报告。
- b) 气候变化 1992—IPCC 影响评估补充报告。IPCC 影响评估工作组 1990 年报告。

气候变化: IPCC 1990 和 1992 年评估——IPCC 第一次评估报告概述和决策者摘要及 1992 年 IPCC 补充报告(亦有中、法、俄和西班牙版本)

全球气候变化和日益上升的海洋的挑战

IPCC 响应战略工作组沿海地区管理子工作组, 1992 年

IPCC 国别研究专题研讨会报告, 1992 年

气候变化影响评估的初步指南, 1992 年。

### 3. IPCC 特别报告, 1994 年

- a) IPCC 国家温室气体清单指南(3 卷)1994(亦有法、俄和西班牙版本)
- b) IPCC 评估气候变化影响和适应性技术的指南, 1995 年(亦有阿拉伯、中、法、俄和西班牙版本)
- c) 气候变化 1994—气候变化辐射强迫和 IPCC IS92 排放构想评估

### 4. IPCC 第二次评估报告, 1995 年

- a) 气候变化 1995—气候变化的科学。(包括决策者摘要)。IPCC 第一工作组报告, 1995 年。
- b) 气候变化 1995—气候变化影响、适应和减缓科技分析(包括决策者摘要)。IPCC 第二工作组报告, 1995 年)
- c) 气候变化 1995—气候变化的经济社会范畴(包括决策者摘要)。IPCC 第三工作组报告, 1995 年。
- d) IPCC 关于解释联合国气候变化框架公约第二条的 IPCC 第二次科技信息综合评估报告, 1995 年。

(请注意: IPCC 综合报告和三个决策者摘要已经以单行本出版, 同时还有阿拉伯文, 中文, 法文, 俄文和西班牙文版本)