气候变化2001：
综合报告

编写：

世界银行　Robert　T．Watson
和　核心写作组

基于以下单位和人员编写的草稿：

核心写作组
Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, 以及 D. Zhou

所有IPCC作者

编辑组
David J. Dokken, Maria Noguer, Paul van der Linden, Cathy Johnson, Jiahua Pan, 和 GRID-Arendal 设计室

政府间气候变化专业委员会《第三次评估报告》是第一、二、三工作组的共同贡献

封面解释

中央：地球ó以亚洲为中心的地球ó由国家航空和航天局（NASA）EOS-Terra卫星上的中等分辨率分光辐射谱仪（MODIS）成像，陆面空间分辨率为1 km，时间是2001年5月和6月；云层取自EOS-Terra, GOES 8/10, GMS-5和 Meteosat 5/7的遥感资料；海冰根据MODIS 8天的资料合成；迭加的美国地质调查局的地形资料显示地形。由 Reto Stˆckli科学系统和应用公司以及设在NASA戈达德空间中心的显象和分析试验室成像。

右：俄罗斯雅库特共和国勒拿河三角洲，由Landsat-7卫星在2000年7月27日中午两次成像，由挪威勘测局和GRID-Arendal用红外通道获取各类地貌的自然色。

左下：“瀑布群”(泰国)Topham/UNEP/Waranun Chutchawantipakorn提供照片。

左上：“寻找生命之水”(印度)Topham/UNEP/P.K. De提供照片。

气候变化2001：
综合报告

目 录

序言 vii

前言 ix

决策者摘要 **1**

综合报告 **35**
问题1 37
问题2 43
问题3 59
问题4 79
问题5 87
问题6 97
问题7 107
问题8 123
问题9 135

工作组概要
第一工作组：科学基础 X-1
第二工作组：影响、适应和脆弱性 Y-1
第三工作组：减弱 Z-1

附录 **147**
A. 作者和专家评审 148
B. 术语 157
C. 缩略语和单位 183
D. 专业委员会选择的科学、技术和社会经济问题 187
E. IPCC主要报告一览表 189

序 言

政府间气候变化专业委员会(IPCC)由世界气象组织(WMO)和联合国环境署(UNEP)于1988年共同组建，其目前的职责是：

- 从科学、影响和经济学的角度评估目前所了解的气候变化情况，以及评估气候变化的各项减弱和/或适应方案。
- 根据要求向《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)缔约方大会(COP)提供咨询。

IPCC自建立以来，已发表了一系列的评估报告(1990、1995和2001)、特别报告、技术报告和各类方法，如《国家温室气体清单指南》，该指南已成为参考标准，并为各国决策者、科学家和其他专家及学生广为采用。

本综合报告汇总了四卷本的《第三次评估报告》(TAR)。它专门阐述了决策者关注的有关UNFCCC第2条的问题，诸如人类在多大程度上已经影响以及在将来还会如何影响全球气候，气候变化对生态和社会经济系统的影响，以及解决人类所致的气候变化现有的和规划中的技术和政策能力。本报告扼要地探讨了一系列多边环境公约互相关联的特性。报告吸收了世界各地区数百名在过去及目前参与了IPCC过程的专家的工作。作为IPCC的传统，本报告的编撰首先依赖于这些来自不同但相互关联的领域的专家的奉献、热情和合作。

我们借此机会向所有的IPCC报告和技术报告的作者和评审人员表示衷心的感谢。我们同样也感谢IPCC主席团、IPCC秘书Sundararaman博士及他的秘书处工作人员和三个工作组技术支持处的工作人员。我们感谢为IPCC托管基金做出贡献，并提供了专家和其他形式帮助的各国政府和组织。IPCC在吸收大量发展中国家和经济转型国家的专家一起参加工作方面取得了巨大的成功，托管基金为他们参加IPCC会议提供了资助。

我们感谢IPCC主席Robert T. Watson博士为完成TAR工作所提供的指导。

世界气象组织秘书长

G.O.P. Obasi

联合国环境计划署执行主任
联合国内罗毕办事处总干事

K. Töpfer

前 言

本综合报告，包括决策者摘要，是政府间气候变化专业委员会(IPCC)《第三次评估报告》(TAR)的第四部分也是最后的部分。报告归纳汇总了IPCC批准和/ 或通过的各类材料，以便决策者和其他人员对各国政府提出并经IPCC同意的问题做出响应[1] 。报告旨在协助各国政府单独地和集体地制定对策，以适应和减弱由人类引起的气候变化的威胁。

综合报告主要以IPCC三个工作组对TAR的贡献为基础，但也应用了IPCC早期的评估、特别报告和技术报告。报告采用问答形式，分两部分：一部分为决策者摘要，另一较长部分则对各国政府提出的问题展开做了回应。决策者摘要参考引用了长报告的一些段落，而长报告则标出了作为回应的文献的出处，即以前批准和通过的各工作组的TAR报告的决策者摘要和章节以及IPCC早期的报告和技术报告（见附后的交叉文献术语）。

IPCC第十五次全会（哥斯达黎加，圣何塞，1999 年 4月15-18日）正式确定了批准决策者摘要的程序并通过了综合报告的平衡问题。综合报告及其决策者摘要的草稿由一批参与起草TAR的主要作者负责撰写，并供政府/专家同时评审。在IPCC第18次会议（英国，文布利，2001年9月24-29日）批准/通过前，最后一次将修改稿分送各国政府。

综合报告由9个与政策有关的问题组成：

- 问题1 阐述了《联合国气候变化框架公约》第2条论述的公约的最终目标（即哪些成分构成气候系统“危险的人为干扰”？） 并且为将气候变化问题纳入持续发展提供了一个框架。
- 问题2 评估了自工业革命前期以来观测到的气候和生态系统的变化，可能的话，确定其原因。
- 问题3 和4 评估了未来温室气体排放和硫酸盐气溶胶初级粒子对气候，包括变率和极端事件及生态和社会经济系统变化的影响（不考虑具体的气候变化减缓政策）。
- 问题5 讨论了气候、生态系统和社会经济系统的惯性以及减缓和适应产生的影响。
- 问题6 评估了稳定大气温室气体浓度对气候、生态系统和社会经济系统的近期和长期影响。
- 问题7 评估了温室气体减排的近期和长期行动的技术、政策和成本。
- 问题8 确定了气候变化、其它环境问题和发展间的相互作用。
- 问题9 总结了最可靠的发现和主要不确定性因素。

我们借此机会感谢：

- 核心写作组，他们负责本报告的起草并认真地补充内容和最终定稿；
- IPCC主席团其他成员，他们承担了审稿工作；
- 各工作组的主要作者协调组成员和各主要作者，他们协助发起了起草工作；
- 三个工作组的技术支持处领导和工作人员，尤其是David Dokken, Maria Noguer和Paul van der Linden，他们提供了后勤和编辑方面的支持；
- 设在挪威Arendal的GRID办公室的领导和工作人员，尤其是Philippe Rekacewicz，与写作组合作处理综合报告中的图表；
- IPCC秘书处工作人员，他们处理了大量的行政事务。

包含决策者摘要的综合报告在此以单卷本出版，同时出版的有各工作组为《第三次评估报告》

[1] 见http://www.ipcc.ch *有关编写、评审、批准、接受、通过 和出版 IPCC报告的程序。*

提供的决策者摘要和技术总结，以及一份综合详尽的术语表。综合报告已译成IPCC的其它语种，它们是阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文。综合报告也分成单独的小册子出版，它们有各工作组的决策者摘要、技术总结和术语表。《第三次评估报告》的一至四卷英文本有印刷本和数字化的光盘版，同时还可在 http://www.ipcc.ch网址上获取。

IPCC主席

R.T. Watson

IPCC秘书

N. Sundararaman

综合报告引用的IPCC评估

Qx.x	以下综合报告中有关段落
WGI TAR	《第三次评估报告》第一工作组
WGII TAR	《第三次评估报告》第二工作组部分
WGIII TAR	《第三次评估报告》第三工作组部分
SRES	排放情景特别报告
SRLULUCF	土地利用、土地利用变化和林业特别报告
SRTT	技术转让的方法学与技术性问题特别报告
SRAGA	航空和全球大气特别报告
DES GP	发展、平等和持续性指导报告
IPCC TP4	建议的CO_2排放限制影响技术报告
IPCC TP3	稳定大气温室气体：物理、生物和社会经济影响技术报告
WGII SAR	第二次评估报告第二工作组部分

SPM	决策者摘要
TS	技术总结
ES	执行总结
GP	指导文件
TP	技术文件

气候变化 2001:
综合报告

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会的评估

本摘要于2001年9月24-29日在英国文布利召开的政府间气候变化专业委员会（IPCC）第18次全会上批准，反映了IPCC就其各工作组提交的第三次评估报告中有关的主要发现、不确定性所达成共识的正式观点。

本摘要基于由下列作者完成的草稿：

Robert T. Watson, Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, Kirsten Halsnaes, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F. B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, D. Zhou, 以及许多IPCC的作者和编审。

引言

根据1997年9月22日和25-28日在马尔代夫召开的IPCC第13次全会的决定以及其他后续的决定，IPCC决定：

- 将综合报告作为第三次评估报告的一部分；
- 综合报告将提供在第三次评估报告中与政策相关、但并不是政策性信息的综合和汇总，同时也将利用早先已被通过和接受的那些涉及广泛的、关键性的、与政策相关、但并不是政策性问题的IPCC报告；
- 报告中的这些问题是基于与《联合国气候变化框架公约》缔约方磋商后提出的。

以下九个问题以各国政府提出的建议为基础，并且在1999年4月15-18日在哥斯达黎加的圣何塞召开的IPCC第15次全会上得到批准。

问题 1

问题1

科学、技术和社会经济分析究竟在哪些方面能有助于确定《联合国气候变化框架公约》第二条所提及的“气候系统危险的人为干扰”的构成是什么?

自然、技术和社会科学对于确定哪些成分构成“气候系统危险的人为干扰”提供了所需的实质性的信息和证据。然而，这种决策是一种价值判断，它可以在考虑诸如发展、公平、可持续性、以及不确定性和风险下，通过一个社会政治进程来决定。

问题 1.1

鉴于气候变化的程度和速率都很重要，因此确定“危险的人为干扰”的构成的基础会随着区域的不同而发生变化，并取决于当地的特点和气候变化影响的后果，以及可获得的对付气候变化的减缓和适应能力。没有一组普遍适用的最佳政策，相反，既考虑到针对一系列可能的未来世界所采取的不同政策措施的力度，也考虑到将这些特定的气候政策与更为广泛的可持续发展政策相结合的程度，这将是重要的。

问题 1.2

第三次评估报告（TAR）对这些作为决策者确定哪些成分构成“气候系统危险的人为干扰”的新的科学信息和证据进行了评估。首先，报告提供了一个有关未来大气中温室气体浓度、温度、降水和海平面的全球和区域变化模式及速率、以及极端气候事件变化的新的预测。同时报告也审查了海洋环流和主要大冰原突发的、不可逆转的可能性。其次，报告提供了气候变化对生物物理和社会-经济影响的评估，涉及到：独特的易受威胁系统的风险；有关极端气候事件的风险；影响的分布；总体影响；以及大规模、严重影响事件的风险。第三，报告对采取减缓措施实现将大气中的温室气体浓度稳定在不同水平的潜力进行了评估，并提供了有关适应性措施如何能够减少脆弱性的信息。

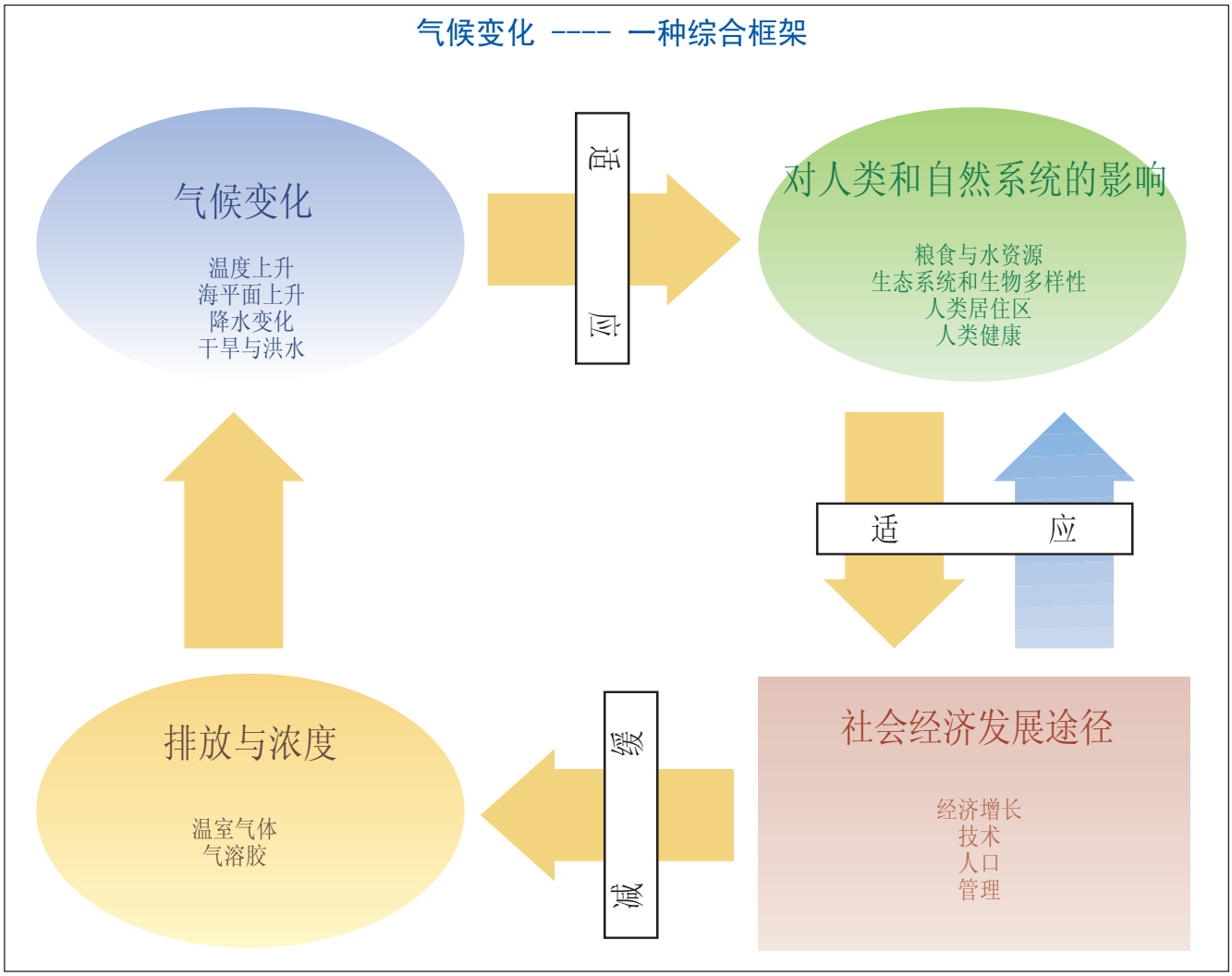
问题 1.3-6

有关气候变化的一个综合观点就是要考虑贯穿所有部门的因果链的完整循环的动态过程（见图SPM-1）。第三次评估报告提供了涉及图SPM-1所有四个象限，新的、政策相关的信息和证据。《排放情景特别报告》（SRES）的其中一个主要贡献就是探讨了替代发展道路与其相应的温室气体排放，而第三次评估报告所进行的初步工作就是将适应与减缓选择同发展道路相联系的。但是由于现有知识尚欠完整，第三次评估报告并没有形成一个完整的气候变化综合评估。

问题 1.7

气候变化的决策制定从本质上说是一个在普遍存在不确定性下的渐进过程。决策的制定必须处理包括非线性风险和/或不可逆转变化在内的不确定性，需要平衡其他不足或过火行动所带来的风险，也包括对可能出现的（环境与经济）后果、这种后果出现的可能性以及社会对风险的态度进行仔细考虑。

问题 1.8



图SPM-1：气候变化 — 一种综合框架。上图是关于人为气候变化的一种综合评估框架的示意简图。黄色箭头表示图中所示四个象限之间的因果循环，而蓝色箭头表示对气候变化影响的社会响应。参见图1-1标题对这种框架的一个解释性描述。

问题 1 图 1-1

气候变化问题是可持续发展所面临的巨大挑战中的一部分。因此，只有当气候政策始终如一地纳入到更为广泛的、旨在实现更加可持续的国家和区域发展道路的战略设计中时，这种气候政策的效果才能够得到加强。出现这种情况是由于气候变动和变化的影响、气候政策响应及其社会-经济发展将影响一个国家实现可持续发展目标的能力。相反，对这种目标的追求也会反过来影响气候政策成功的机会，尤其是不同发展道路的社会-经济和技术特点将强烈影响排放量、气候变化的速率和程度、气候变化影响、适应能力和减缓能力。

问题 1.9-10

第三次评估报告评估了各种减缓和适应选择的时间、机会、成本、效益及其影响的现有信息。报告表明，无论是一个国家单独采取行动，还是与其他国家合作行动，都存在着既能降低减缓和适应的成本，又能获得有助于实现可持续发展效益的机会。

问题 1.11

问题 2

问题2

自从前工业化时期以来，地球气候变化的证据、原因和后果是什么?

(a) 前工业化时期以来，地球气候在区域或全球尺度上变化了吗？如果是，在观测到的变化中，哪些（假设有）是人类影响造成的？哪（假设有）可以被归结为自然现象？这种原因判别的基础是什么？

(b) 前工业化时期以来，特别是过去50年，气候变化对环境、社会、经济的影响怎样?

前工业化时期以来，地球气候系统在全球和区域尺度上出现了可以证实的变化，其中部分变化可归咎于人类活动。

问题 2.2

前工业化时期以来，人类活动增加了大气中温室气体和气溶胶的浓度。在20世纪90年代，大气中主要人为温室气体(如二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）、氧化氮（N_2O）和对流层臭氧（O_3）)的浓度达到有记录以来的最高水平，这主要是由化石燃料燃烧、农业和土地利用的变化引起的（见表SPM-1）。人为温室气体造成的辐射强迫是正的，其不确定性范围较小。气溶胶直接影响的辐射强迫是负的而且较小，但气溶胶对间接影响的负辐射强迫却较大，而且没有很好量化。

问题 2.4-5

不断增加的观测勾画了一幅关于正在变暖的世界和气候系统其他方面变化的综合图景（见表SPM-1）。

问题 2.6

从全球看，在仪器记录时期（1861-2000），20世纪90年代很可能是最暖的十年，1998年很可能是最热的一年（见框SPM-1）。在过去1000年中，20世纪北半球表面温度增暖可能比其他任何一个世纪都快（表 SPM-1）。在南半球，1860年以前的资料不充分，无法将最近的增暖和过去1000年的变化进行比较。全球的温度变化不是均匀的，它随地区而变化，大气下部的不同水平也不一样。

问题 2.7

表 SPM-1 20世纪地球大气、气候和生物系统的变化。[a]

指标	观测到的变化
浓度指标	
大气CO_2浓度	1000年到1750年280ppm，2000年368ppm（增加31±4%）。
陆地生态圈CO_2交换	1800年到2000年积累源大约30 Gt C；但是在90年代，净汇大约为14±7 Gt C。
大气甲烷浓度	1000年到1750年700ppb，2000年1750ppb（增加151±25%）。
大气氧化亚氮（N_2O）浓度	1000年到1750年270ppb，2000年316ppb（增加17±5%）。
对流层臭氧浓度	从1750年到2000年增加35±15%，各地区不同。
平流层臭氧浓度	从1970年到2000年下降，各经度和纬度不同。
大气HFCs，PFCs和SF_6浓度	近50年全球性增加。
天气指标	
全球表面平均温度	在20世纪增加了0.6±0.2℃；陆地表面温度上升大于海洋（非常可能）。
北半球表面温度	20世纪的升温大于过去1000年以来任何世纪，90年代可能是过去1000年以来最热的十年（可能）。
地面温度日较差	陆地上1950年到2000年下降，夜间最低温度的上升速度是白天最高温度上升速度的两倍（可能）。
炎热日子/热指数	上升（可能）。
寒冷/霜冻日	20世纪几乎所有陆地区域都下降（非常可能）。
陆地降水	20世纪北半球增加了5%－10%（非常可能），虽然在一些地区有所下降，如北非和西非，以及地中海的部分地区。
严重降水事件	北半球中、高纬地区增加（可能）。
干旱频率和严重性	几个地区夏季变干，干旱增多（可能）。 近几十年一些地区如亚洲和非洲的部分地区干旱的频率和强度增加了。

➔

框 SPM-1 信度和可靠性说明

在适当时候，第三次评估报告的作者们给出了信度水平，这是依据他们检验的观测证据、模拟结果和理论对某一结论的有效性所做出的集合判断。以下在整个TAR综合报告中使用的描述性词语与第一工作组的发现有关：事实上是确定的（结果真实的机率大于99%）；很可能的（90-99%机率）；可能的（66-99%机率）；中度可能的（33-66%机率）；不可能的（10-33%机率）；很不可能的（1-10%机率）；极端不可能的（机率小于1%）。明确的不确定性范围（±）是一个可能的范围。
与第二工作组发现有关的信度判断是：很高（95%或更大），高（67-95%），中（33-67%），低（5-33%），很低（5%或更小）。第三工作组没有对其发现给出信度水平。

➔ 问题 2 框 2-1

新的、更强的证据表明，过去50年观察到的大部分增暖可以归咎于人类活动。

➔ 问题 2.9-11

检测和原因判别研究均发现了过去35-50年气候记录中的人为信号证据。这些研究考虑了由人为硫酸气溶胶和自然因子（火山和太阳辐射）引起的辐射强迫上的不确定性，但不考虑其他人为气溶胶和土地利用变化的影响。这段时期中，硫酸气溶胶和自然强迫是负的，不能解释增暖；多数研究发现，在近50年里，仅仅由于增加的温室气体引起的增暖的速率和幅度估计值与观测到的升温值相当，或比后者略大。在近140年中，当把如图SPM-2中所示的所有人为和自然强迫因子都考虑上时，模式模拟与观测的一致性也最好。

表 SPM-1	20世纪地球大气、气候和生物系统的变化[a] （续）
指标	**观测到的变化**
生物和物理指标	
全球平均海平面	20世纪平均每年上升1到2mm。
河流和湖泊冰盖持续时间	20世纪北半球中和高纬度地区减少了大约两个星期（非常可能）。
北冰洋冰盖的范围和厚度	最近几十年，夏末到秋初变薄了40%（可能），1950年以来春天和夏天范围减小了10－15%。
非极地冰川	20世纪以来大范围内缩小。
雪盖	自60年代全球卫星观测开始，面积下降10%（很可能）。
永久冻土	在极地、亚极地和山地一些地区解冻、变暖和退化。
厄尔尼诺事件	在过去20到30年中，与之前100年相比，更频繁、持久和强烈。
生长季节	在北半球，特别是在高纬度地区，过去40年中每十年大约变长1到4天。
植物和动物范围	植物、昆虫、鸟类和鱼类向极地和高海拔移动。
繁殖、开花和迁徙	北半球植物开花更早、鸟类抵达更早、繁殖季节日期提前，昆虫出现日期提前。
珊瑚礁漂白	频率增加，特别是在厄尔尼诺事件中。
经济指标	
气候相关的经济损失	过去40年中，扣除通货膨胀因素， 全球的可比损失上升了一个数量级 （见Q2 图2-7）。观测到的上升趋势部分与社会经济因素有关，部分与气候变化有关。

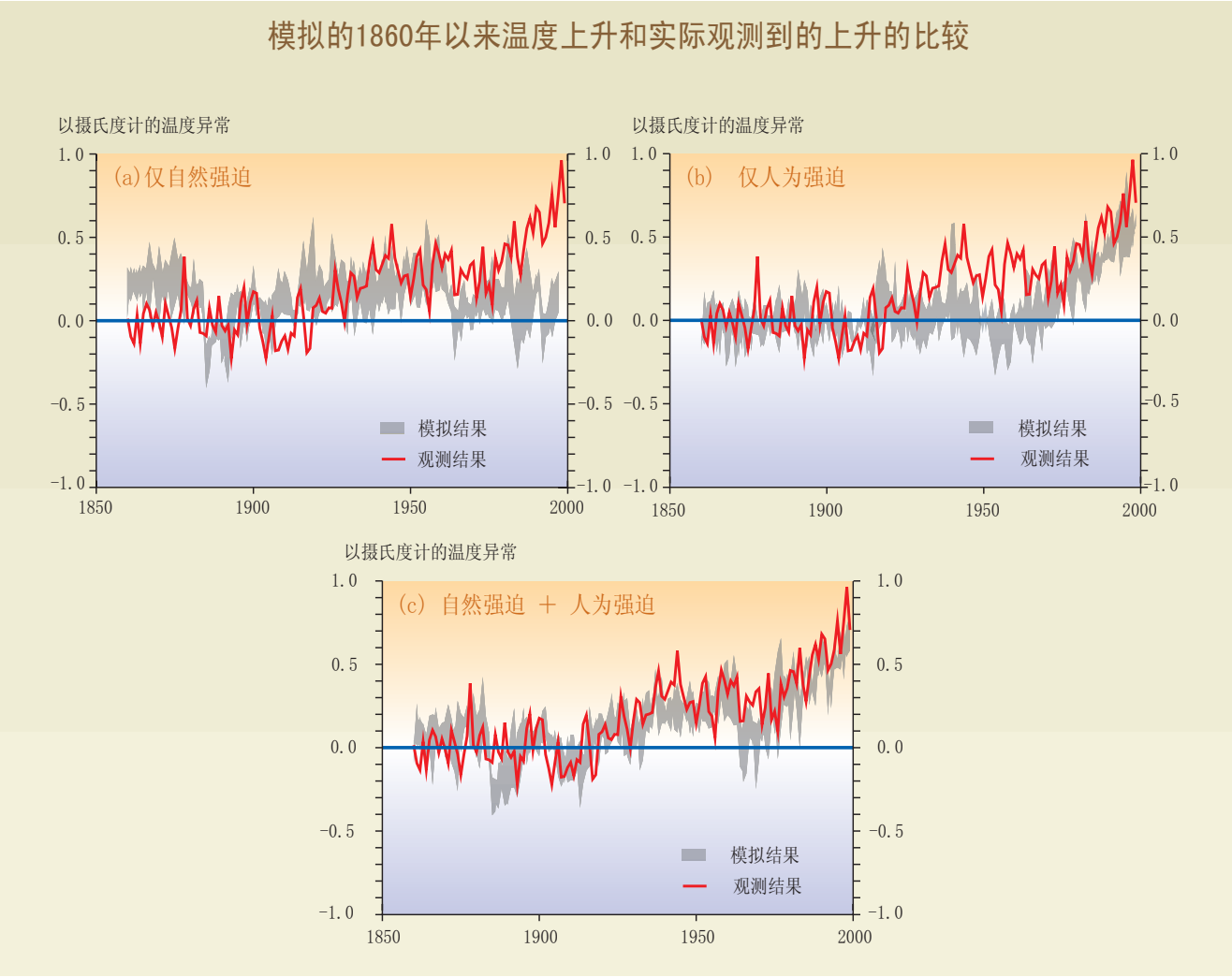
[a] 该表提供了主要观测到的变化的例子，而不是详细的清单。它包括由于人为引起的变化，以及可能由于自然变化或人为引起的气候变化所导致的变化。这里报告的信度水平是在相关工作组进行过评价的。综合报告中的一个相似的表提供了对第一和第二工作报告的交叉参考。

海平面、雪盖、冰面积和降水的变化与地球表面正在变暖的气候是一致的。这方面的例子有：更活跃的水循环及其更多的严重降水事件和降水时间的改变、非极地冰川的广泛退却、海平面的升高和海洋热容量的增加、雪盖和海冰面积及厚度的减小（表SPM-1）。例如，20世纪的增暖很可能已经对观测到的海平面上升产生了显著影响，这主要通过海水热膨胀和陆地冰的广泛消融来达到。在目前的不确定性范围内，20世纪观测和模拟是一致的，二者均缺乏海平面上升的显著加速过程。从1978年到2000年，南极的海冰范围无法证明发生过变化。此外，还存在相互矛盾的分析或数据不足的问题，无法评估热带和热带以外的气旋以及中纬度地区的严重局地风暴活动是否发生了变化。一些观察到的变化是区域性的，一些可能是由于内部气候变率、自然强迫或区域性人类活动的影响，而不能单单归咎于全球性人类的影响。

问题 2.12-19

观测到的区域气候变化影响了许多物理和生物系统，同时有初步证据显示，社会和经济系统也受到了影响。

问题 2.20 & 问题 2.25



图SPM-2：模拟地球的温度变化（ºC），并将模拟结果与观测的变化进行比较，可以帮助了解主要变化的原因。气候模式可以用来模拟源自自然和人为因子的温度变化。（a）中灰色带所代表的模拟值是仅用自然因子强迫的结果，即只考虑了太阳变化和火山活动。（b）中灰色带所代表的模拟值是用人为强迫因子得到的，即考虑了温室气体和硫酸盐气溶胶。（c）中灰色带所代表的模拟值则是既考虑自然因子，也考虑人为因子的出的变化。从（b）可见，加入人为强迫后可以初步解释过去一个世纪温度变化的主要部分，但模拟和观测值最接近的结果来自于（c），因为此时自然和人为影响因子都考虑了。这些结果说明，所包括的强迫因子对于解释观测到的变化是的，但这并不排除其他强迫可能也起作用的可能性。

问题 2 图 2-4

近来的区域性气候变化，特别是温度的升高，已经给世界上许多地区的水文系统、陆地和海洋生态系统造成了影响（见表SPM-1）。在这些系统[1]内观测到的变化，在各种各样的地点具有连贯性，并且与预期的区域性温度变化的影响在方向上一致。观测的与期望的变化方向（没考虑变化幅度）相同这一事实仅仅是随机发生的可能性很小。

问题 2.21-24

[1] 对主要来自北美洲、欧洲和南极地区的400种植物和动物进行了44项区域性研究，时间跨度约为20-50年还对涉及世界多数地区的100多个物理过程进行了16项区域性研究，时间跨度约为20-150年。

与天气灾害和区域气候变异有关的社会-经济损失上升，说明对气候变化的脆弱性正在增加。初步的指示表明，一些社会和经济系统受到近年来增加的洪水和干旱的影响，由灾害性天气事件造成的经济损失显著增加。然而，由于这些系统还受到其他社会-经济因素（如人口变化和土地利用变化）的影响，定量评价气候变化（人为或自然的）和社会-经济因素造成的相对影响是困难的。

问题 2.25-26

问题 3

问题3

在第三次评估报告中(TAR)所使用的一系列温室气体排放情景下，目前关于未来25、50、和100年的区域和全球的气候、环境以及社会经济的后果(其预测中未考虑政策介入的影响) 所了解的程度?

尽可能地评价：

- 预计的大气浓度、气候和海平面的变化；
- 气候和大气组成的变化对人类健康、生态系统的生物多样性和生产及社会经济部门(特别是农业和水)的影响及其经济成本和效益；
- 适应性选择的范畴，包括成本、效益以及挑战；
- 区域和全球尺度上，与影响和适应有关的发展、持续性和平等问题。

所有的IPCC排放情景预测，在21世纪二氧化碳浓度、全球平均表面温度，海平面高度都将增加[2]。

问题 3.2

排放情景特别报告（SRES）中六个例证的情景预测，到2100年CO_2的浓度将达到540～970 ppm，而其在工业化前和2000年却分别约为280 ppm和368 ppm。不同的社会--经济假设（人口、社会、经济和技术）会导致未来不同的温室气体和气溶胶的排放水平。更进一步的不确定性，尤其是对于目前汇过程的延续性(碳汇)和陆地生物圈的气候反馈程度，将使每个情景2100年的浓度变异范围达到-10～+30%，因此，总的变化范围为490～1250ppm（比1750年工业化前的浓度高75～350%）。六个例证的SRES情景所预测的2100年主要的非CO_2温室气体的浓度变化很大（见图SPM-3）。

问题 3.3-5

根据SRES排放情景，不同的气候模式预测认为全球平均地面气温在1990～2100年期间将升高1.4～5.8℃，较20世纪观测到的变暖中值高大约2-10倍，预测到的变暖速率，根据古气候资料，极可能在最近的至少1万年内都是史无前例的。所预测的温度升高幅度与基于第二次评估报告（SAR）中6个IS92情景的温度升高1.0～3.5℃的范围更大。较高的预测温度和更大的变化幅度主要是由于，相对于I992情景，SRES情景所预测的二氧化硫（SO_2）排放较低。在1990～2025年和1990～2050年期间，预计温度将分别增加0.4～1.1℃和0.8～2.6℃。到2100年，对于同一排放情景，地面气温对不同的气候模式的响应，相当于同一种气候模式基于不同的SRES排放情景预测的变化范围。图SPM-3表明最大的SRES排放情景预计引起的温度增加最大。几乎所有陆地的升温极可能都高于全球平均水平，特别是冬季的北部高纬度地区。

问题 3.6-7 & 问题 3.11

[2] 气候变率、极端事件、突发/非线性变化的预测在问题4中讨论。

预计21世纪全球平均年降水量会增加，但在区域尺度上降水的增加和减少都有可能，主要介于5%～20%之间。高纬度地区无论在夏季和冬季，其降水可能都将增加。北部中纬度地区、热带非洲、南极的冬季以及亚洲南部和东部的夏季，预计降水也会增加。而澳大利亚、中美洲和非洲南部的冬季降水将会持续减少。在平均降水预计增加的大多数地区，年际间的降水量变化极可能也较大。

问题 3.8 & 问题 3.12

预测在21世纪冰川将继续大规模退缩。预计北半球的覆雪、永久冻土和海洋冰面的范围将进一步减小。南极冰盖的数量可能会增加，而格陵兰冰盖的数量可能会减少（见问题4）。

问题 3.14

根据SRES所有情景的范围预测，全球平均海平面高度在1990～2100年期间将上升0.09～0.88米，但区域间的变异十分明显。海平面上升主要是由于海洋的热膨胀以及冰川和冰帽的融化。预计 1990～2025 以及 1990～2050 年间的海平面上升高度分别为0.03～0.14米和0.05～0.32米。

问题 3.9 & 问题 3.13

预计气候变化对环境和社会经济系统既有有利的影响也有不利的影响，但是气候变化的幅度越大、速率越快，不利影响的主导地位越明显。

问题 3.15

温室气体累积排放量越多以及相关的气候变化越严重，不利影响的危害性就越大（中等可信度）。而气候的小量变化，对一些地区和部门的影响是有利的，但这种有利的影响会随着气候变化幅度的增加而减小。相比较而言，随着气候变化程度的增加，许多已经确认的一些不利的影响在范围和严重程度上将会增加。从区域的角度来看，预计不利影响在世界大多数地区将占主导地位，尤其是热带和亚热带地区。

问题 3.16

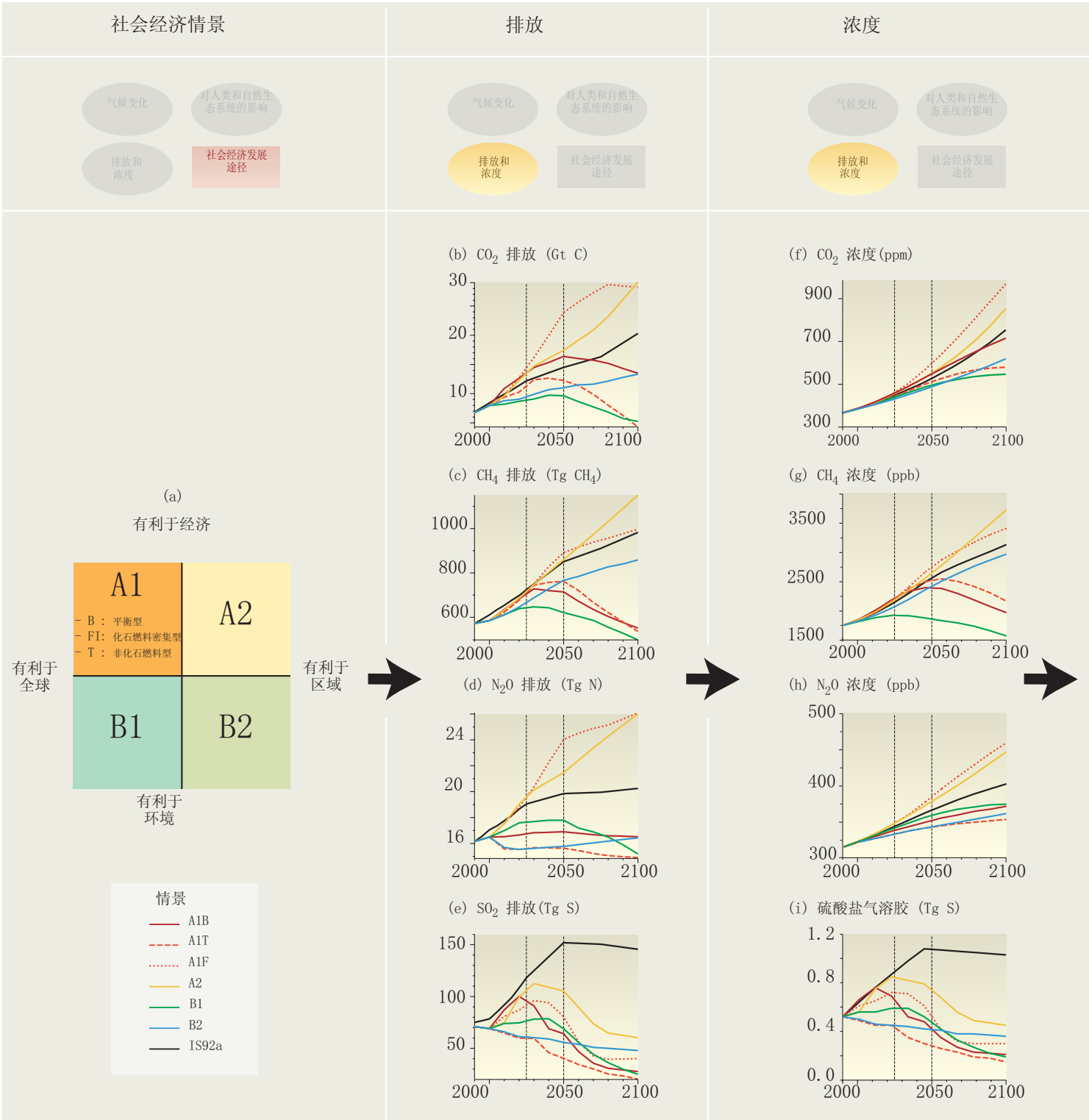
总体来讲，预计气候变化对人类健康的威胁会增加，特别是对低收入人口，他们主要分布在热带/亚热带国家。气候变化能够直接影响人类健康(如减少温带国家的冷胁迫而增加其热胁迫，在洪水和暴风雨中丧生)，和通过改变疾病传染媒介(如蚊子)[3]的范围、水生病原菌、水质量、空气质量、食物供给能力和质量而间接影响人类健康(中高可信度)。当地的环境条件和社会经济状况会强烈地影响实际的健康水平；而且社会的、制度的、技术的以及行为适应措施的采纳水平也会减弱对健康的危害程度。

问题 3.17

气候变化和海平面升高预计会改变生态系统的生产力和生物多样性，一些脆弱性物种灭绝的风险增加(高中可信度)。因火灾、旱灾、虫灾、外来种侵入、暴风雨以及珊瑚礁白化等干扰而造成的对生态系统的显著破坏作用预计将增加。因气候变化引起的胁迫，当与其他胁迫共同作用于生态系统时，会使一些独特的系统和一些濒危物种受到严重的威胁性破坏或完全灭绝。CO_2浓度增加将会使植物的净初级生产力增加，但是，气候变化以及伴随而来的扰动规律的变化可能会使净初级生产力增加或减少(中等可信度)。一些全球模型预计，在21世纪的前50年，陆地生态系统对碳的净吸收将会增加，但是随后会稳定或降低。

问题 3.18-20

[3] 已经对8个案例进行了气候变化的影响，5例疟疾，3例革登热。7个案例利用基于生物和过程的方法，一个案例机遇经验和统计的方法。



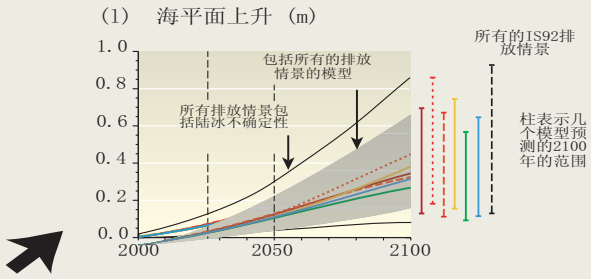
A1FI，A1T 和 A1B

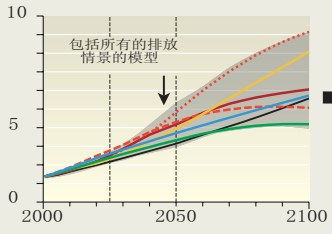
A1的示意线和情景组合描述了一个经济快速发展的未来世界，全球人口在世纪中叶达到顶峰后开始下降，新的以及更高效的技术被迅速采用。随着区域间人均收入差异的大幅度减小，基本活动主题主要表现为地区间的融合增加，能力建设增强，以及文化和社会间增加的交互作用。A1的情景组群可以形成三个组合，它们描述了能源系统中技术变化的可能方向。三个A1组合可以根据它们技术的侧重点不同加以区别：化石能源为主（A1F1），非化石能源（A1T），以及所有资源平衡协调利用（A1B）（平衡协调是指不过分依赖于某一种特定的能源资源，并能以相似的速率对所有的能源供给和最终利用技术给以更新）。

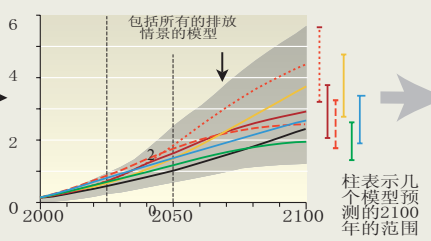
辐射强迫　　温度和海平面变化　　关注的理由

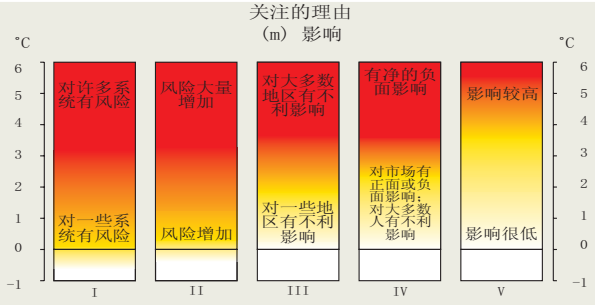




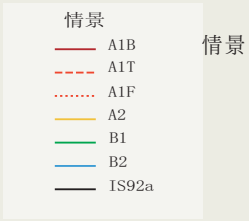








I　对独特和濒危系统的风险
II　极端气候事件造成的风险
III　影响的分布
IV　综合影响
V　未来大规模突发事件的风险



情景

A2

A2的示意线与情景的组合描述了一个组成非常不均一的世界，主要主题是自给自足以及地方性的保护。区域之间的生产力非常缓慢地趋于一致，进而导致持续性的人口增长。经济的发展主要是地区主导型的，人均经济的增长和技术更新的变化较其他示意线缓慢且零散。

B1

B1的示意线和情景组合描述了一个趋于一致的世界，在世纪中叶，全球人口达到顶峰后开始下降，这同A1示意线一样；但经济结构趋向于向服务和信息经济方面迅速变化、材料密集程度下降、并且采用了清洁和高效资源技术。强调经济、社会和环境的持续性，包括增加平等性等方面的全球性解决方案，但排除额外的气

B2

B2的示意线和情景组合描述了一个重点集中于经济、社会和环境持续发展的地方性方案。随着低于A2速率的持续性的全球人口增长，经济发展则处于中等水平，与B1和A1相比，技术变更的速度缓慢且种类增多。当然，情景也趋向于环境保护和社会公平性，但主要强调地方和区域性水平的层次。

图SPM-3：SRES情景下，不同的社会经济假设会导致未来不同的温室气体和气溶胶的排放水平。排放又会反过来影响大气中这些温室气体和气溶胶的浓度，导致气候系统中辐射强迫的变化。由SRES情景而造成的辐射强迫所导致的预计的温度和海平面升高，又将会造成反馈性影响。SRES情景中没有包括额外的气候行动计划，也认为不存在这样的可能。由于SRES情景是在第三次评估报告前非常短的时间内完成的，这里所提到的影响评价大多应用的是基于平衡气候变化情景下的气候模型结果（例如2×CO_2），相对较少的应用了CO_2以每年1%递增的渐进情景或第二次评估报告中的情景（例如 IS92系列）。气候影响相应地也会影响到社会经济的发展道路，如通过适应或减缓措施。图表上端的亮度加重部分表明，在考虑气候变化时，各个方面是如何和整体评估框架相联系的（见图SPM-1）。

问题 3 图 3-1

谷类作物模型表明，在温带地区，温度增加较低时产量会增加，但温度增加较高时，产量将会减少（中低可信度）。在大多数热带和亚热带地区，对于多数预测的温度升高情形，预测的谷物潜在产量都会降低(中等可信度)。亚热带和热带旱地农田/旱作系统中，有的地区雨量大幅度减少，对作物产量的负面影响将更大。这些估计中包括了农民的一些适应性反应以及CO_2施肥的正面效应，但并未包括由于虫害侵扰和气候极端事件变化而预计所增加的影响。牲畜生产者使其畜群适应由于气候变化引起的生理胁迫的能力目前尚所知甚少。（几）度或超过几度范围的变暖预计将使全球的粮食价格升高，而且可能使脆弱人口遭受饥饿的风险增加。

问题 3.21

预计气候变化将加剧世界上许多水资源缺乏地区的水短缺。水需求一般随人口增长和经济的发展而增加，但一些国家的水需求会因水利用效率提高而减少。气候变化预计将使世界许多缺水地区的供水大量减少(可以从预测的径流变化反映出来)，但一些地区的水供应会增加(中等可信度)(见图SPM-4)。淡水质量将因水温升高而降低(高等可信度)，不过，水温升高的作用在一些地区可能会因流量增加而抵消。

问题 3.22

如果用国内生产总值(GDP)表示对市场的综合影响，在任何已知的全球平均温度增加的幅度内，预计对大多数发展中国家的市场综合影响都将是负面的(低等可信度)；对发达国家来讲，（几）度范围内的增温对市场的影响则有正有负(低等可信度)，温度增加超过（几）度，对市场将造成负面影响(中低可信度)。该估计一般不包括气候变率和极端事件的影响，不能解释不同的气候变化速率的影响，仅能部分说明对市场中非贸易的物品和服务的影响，而且有一些评价仅仅针对效益并忽略了其他损失。

问题 3.25

海平面升高和风暴潮对居住在小岛和/或低地沿海地区人口的社会和经济影响尤其严重。许多人类居住地面临着增加的沿海洪灾和海水侵蚀的风险，而且，数千万居住在三角洲、低地沿海和小岛的人口，将面临迁移的风险。岛屿和沿海地区人口至关重要的资源也将受到威胁，如海滩、淡水、渔业、珊瑚礁和环状珊瑚岛，以及野生动物栖息地等。

问题 3.23

气候变化对发展中国家和所有国家内的贫困人口的影响是不均衡的，从而加剧了人们在健康状况、获取充足的食物、净水和其他资源方面的不公平。气候变化将普遍使发展中国家的人口暴露于相对较高的负面风险之下。另外，贫困和其他因子使得多数发展中国家的适应能力较低。

问题 3.33

适应性可以减小气候变化的负面影响，并且常常可以很快产生附加效益，但不能避免所有的危害。

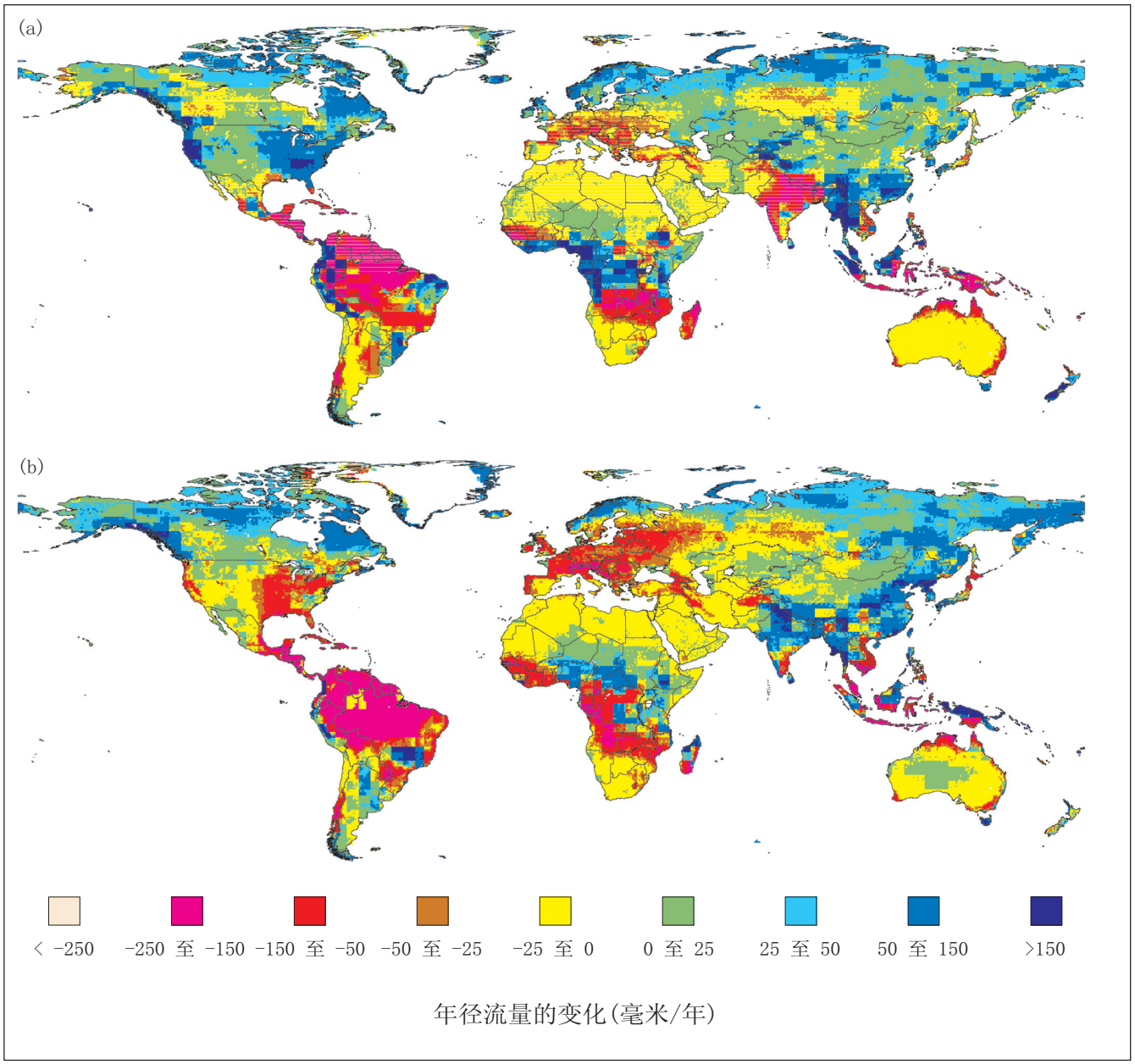
问题 3.26

很多可能的应对气候变化的适应性措施已经被确认能够减少气候变化的不利影响并增强其有利影响，不过，这需要投资。关于对这些投资的效益方面的定量性评价以及在不同地区和实体间的变化的估计尚不完善。

问题 3.27

更大幅度和更快速度的气候变化将比幅度较小和较慢的变化对适应性提出更大的挑战、其破坏的风险也更大。自然和人类系统都已经进化出适应气候变异的能力，在

问题 3.28



图SPM-4: 相对于1961-1990年的年平均径流量，预计2050年的年均径流量变化，其主要取决于预计的降雨量变化。径流量变化是利用水利学模型进行计算的，气候情景采用了哈得雷中心两个版本的大气－海洋环流模型（AOGCM）所计算出的大气CO_2有效浓度以每年递增1%情景下的气候预计作为输入数据，这两个版本为(a)HadCM2 集合的平均值和（b）HadCM3。预计高纬度和东南亚的径流增加，中亚、地中海地区、南非以及澳大利亚的径流量将减少，对以上这些预计，哈得雷中心的数值试验之间存在广泛的一致，而且与其他大气－海洋环流模式数值试验的降水预计一致。对于世界上的其他地区，降雨和径流的变化取决于选用的情景和模型。

问题 3 图 3-5

此适应范围内，破坏的风险相对较低而且恢复能力较强。但是，气候事件发生的频率若超出系统系统已经能够适应的历史范围，将会增加系统对极端破坏的风险、而且使系统不能完全恢复甚至崩溃。

问题 4

问题4

我们所了解的大气中温室气体含量和气溶胶浓度增加所产生的影响以及对人类活动引起的全球和区域气候变化的预测：

a. 气候脉动的频率和幅度如何？这些气候脉动包括逐日、季节、年际和年代际变率，如ENSO循环及其他。
b. 诸如热浪、干旱、洪涝、暴雨、雪崩、风暴、龙卷风和热带气旋等这些极端事件的生命期长度、发生地、频率和强度如何？
c. 在温室气体的源和汇、大洋环流以及极冰和永冻土的范围中或其他现象中是否存在发生突变/非线性变化的风险？若有，那么这种风险能否量化？
d. 生态系统中是否存在发生突变或非线性变化的风险？

预计气候变率将增大，一些极端事件将增多。

问题 4.2-8

模式预测，大气中温室气体含量的增加将导致日、季节、年际和年代际变率发生变化。预计在许多地区日温差将下降，冬季气温的日变率减小，而在北半球陆地夏季日变率将升高。许多模式预测在热带太平洋将出现更类似厄尔尼诺的平均状况。而对于自然出现的海-气环流型如北大西洋涛动(NAO)等的频率或结构会如何变化则没有明显的一致性。

问题 4.3-8

模式预测，大气中温室气体含量的增加将引起极端事件的频率、强度和生命期长度发生变化，譬如酷热日数、热浪和暴雨事件会趋于频繁，而寒冷日数将减少。这将导致许多地区有风险出现更多的洪涝和干旱，并对生态系统、社会经济部门以及人类健康带来不利影响（详见表SPM-2）。高分辨模拟研究显示，在一些地区热带气旋的最大风速和雨强可能增大。而对于小尺度极端天气现象（如雷暴、龙卷风、雹线、雹暴和闪电）将如何变化的问题目前仍缺乏足够信息。

问题 4.2-7

21世纪的温室气体强迫将在之后几十年至上千年内引起物理和生物系统中发生大尺度、高影响、非线性和可能为突变的变化，其可信度范围较大。

问题 4.9

在物理系统和温室气体的自然的源与汇中，预计的一些突变/非线性变化可能是不可逆的，但是关于其中包含一些过程目前还缺乏完整的认识。预测的这些变化的可信度预计还将增大，并伴随气候变化的速度、幅度以及持续时间增加。这类变化的举例包括：

问题 4.10-16

- 土壤和植物中出现由气候引起的大的变化是可能的，而且它可以通过植物和土

表 SPM-2	气候变率、极端气候事件及其影响举例[第三次评估报告第二工作组表SPM-1]
21世纪极端气候现象的预测变化及其可能性	**可能影响的代表性例子[a]（在一些地区发生全部达到高信度）**
在几乎所有陆面最高温度上升，酷热日数和热浪增多[b]（非常可能）	老龄群体和城市贫困人口中死亡和严重疾病的发生增多； 对于家禽和荒生动物，热风险增加； 旅游景点变迁； 许多作物遭受损失的风险增加； 电力降温的需求增多且能源可供给量减少。
在几乎所有陆面最低温度上升，寒冷日数、霜冻日数和寒潮增多[b]（非常可能）	人类与寒冷有关的发病率和死亡率下降； 许多作物遭受损失的风险减少，而其他作物遭受损失的风险增加； 某些害虫和疾病传播体的范围扩大、活动更广； 加热能源需求下降。
强降水事件增多（非常可能，在许多地区）	洪水、滑坡、雪崩和泥石流的损失增加； 土壤流失增加； 增多的洪水径流对一些漫滩蓄水层水量的补充增加； 政府和私人的洪灾保险系统及减灾的压力增加。
在中纬度内陆的大部地区夏季干燥增多，相应的干旱风险增加，（可能）	作物产量下降； 由于土地减少使得建筑基地的破坏增加； 水资源总量减少、质量下降； 森林火灾的风险增多。
热带气旋最大风强度、平均和最大雨强增强（可能，在许多地区）[c]	对人类生活的风险、传染性疾病蔓延的风险和其他许多风险增加； 海岸流失以及海岸建筑和基础设施的破坏增加； 海岸生态系统（如珊瑚礁和红树林）的破坏增加。
在许多不同地区，与厄尔尼诺事件有关的干旱和洪涝强度增强（可能） [也可参见下栏的干旱和强降水事件]	在受干旱和洪涝影响的地区，农业和单位面积的产量下降； 在受干旱影响的地区，水力发电潜力下降。
亚洲夏季季风降水变率增大（可能）	在亚洲的温带和热带地区，洪涝和干旱的程度和损失增加。
中纬度风暴的强度增强（目前的模式几乎没有多少一致性）[b]	对人类生活和健康的风险增加； 财产和基础设施的损失增加； 海岸生态系统的破坏增加。

[a] 通过适当的响应措施，这些影响可以得到减轻。
[b] 信息来自第三次评估报告第一工作组技术总结（F.5部分）。
[c] 热带气旋的区域分布可能会发生变化，但目前尚未出现。

壤的温室气体释放的增加以及地表特性（如反照率）的改变反过来又引起进一步的气候变化。

- 大多数模式预测海洋中温盐环流将减弱，这一减弱会导致向欧洲高纬度热输送的减少，但没有结果表明在21世纪末之前温盐环流会突然关闭。然而，一些证据显示，如果辐射强迫的变化足够大而且能维持足够长的时间，在2100年之后，在任一半球温盐环流都将彻底而且可能是不可逆地关闭。
- 在21世纪，南极冰盖的总量可能增加，但在持续的变暖后将可能显著减少并且对预测的在未来1000年里海平面的上升贡献高达数米。
- 与南极冰盖相反，格陵兰冰盖在21世纪总量将可能减少，并引起几厘米的海平面上升。在气候达到稳定后的数以千计的时间尺度内，冰盖还将继续反作用于气候变暖并对海平面上升产生贡献。气候模式指出格陵兰的局地变暖可能是全球平均的1-3倍。气候模式预测，如果超过3℃局地变暖持续数千年，将肯定导致格陵兰冰盖的完全融化并造成海平面上升大约7米。如果5.5℃的局地变暖持续1000年，格陵兰的贡献将可能造成大约3米的海平面上升。
- 持续变暖将加强极地、次极地以及山区永冻土的融化，使得其中许多地区易于出现沉降和滑坡从而影响基础建设、水源和湿地生态系统。

气候变化会增加在许多生态系统中出现突变和非线性变化的风险，这将影响到这些生态系统的功能、生物多样性和繁殖力。其幅度和速度越大，负面影响的风险就越大。举例包括：

问题 4.17-19

- 不稳定阶段的改变和适于气候决定的习惯的地域变迁可以导致陆地和海洋生态系统的突然崩溃，伴随着出现生物组成和功能的显著变化以及生物绝迹的风险增加；
- 即使水温持续性升高仅仅1℃其自身或再加上任何其他的强迫（如过度的污染或淤积），就可以引起珊瑚喷出他们的藻类（珊瑚变白）并最终导致一些珊瑚死亡；如果温度升高超过某一域值，就会影响一些作物的关键生长期（如水稻不结实、玉米花粉败育、土豆块茎发育）进而影响作物产量，而域值本身是随作物和物种的不同而变化的。
- 如果温度超过了关键临界值，即使持续时间很短，也会造成这些作物出现严重的产量减产。

问题 5

问题5

对与气候系统、生态系统和社会-经济部门的变化及其相互作用有关的惯性和时间尺度问题的认识程度如何?

惯性是广泛地存在于相互作用的气候、生态和社会-经济系统中的固有特性。因此，气候变化在到达相应的阈值之前，其位置尚未被很好了解，假如气候变化变率和幅度没有受到控制的话，某些人为气候变化的影响可能会慢慢变得明显起来，而另外一些影响可能会变得不可逆。

问题 5.1-4, 问题 5.8, 问题 5.10-12, & 问题 5.14-17

气候系统中的惯性

将CO_2排放稳定在接近目前水平将不会引起大气CO_2浓度的稳定，而在数十年内稳定生命期较短的温室气体如CH_4的排放，将能使其大气浓度趋于稳定。为了使大气CO_2浓度稳定在任一水平上都要求最终使全球CO_2的净排放降低到目前排放水平的一小部分。所选择稳定的水平越低，需要降低全球净CO_2排放就越早。（见图SPM-5）。

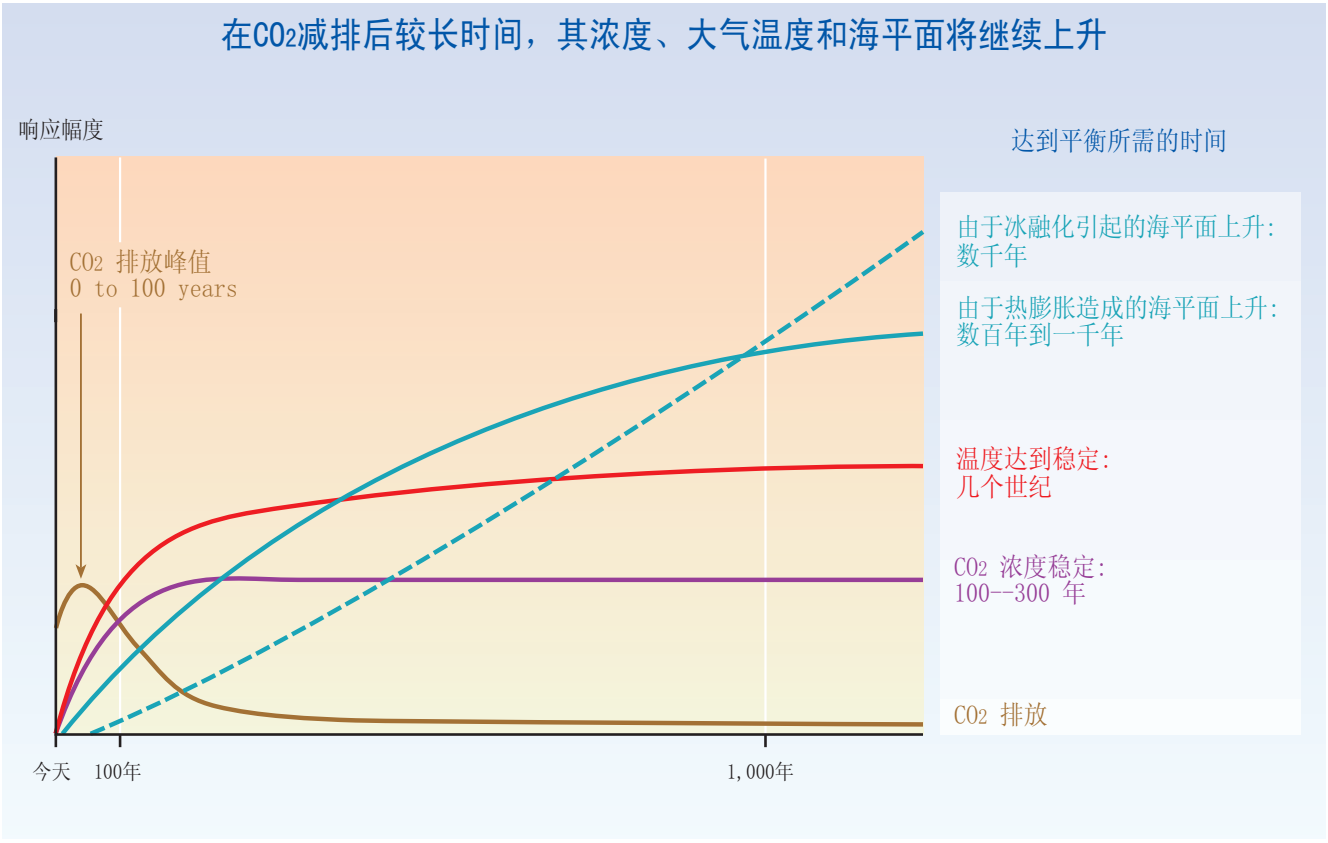
问题 5.3 & 问题 5.5

在大气CO_2和其他温室气体浓度稳定之后，预计在未来的一百年或更长的时间里近地表气温将继续以每百年零点几度升高，在未来几百年里海平面会继续升高（见图SPM-5）。热量进入海洋缓慢传输和冰原的缓慢响应意味着达到新的气候平衡态需要一段长的时间。

问题 5.4

气候系统中的某些变化，可能在二十一世纪以后，将确实是不可逆转的。例如，冰原的大量融化（见问题4）和海洋环流构型的根本性改变（见问题4）在人类若干代内将是不可逆转的。如果增暖是快速的而不是渐序的，海洋环流中根本性改变的阈值

问题 5.4 & 问题 5.14-16



图SPM-5：在CO_2减排及大气浓度稳定后，近地表气温还将在一百年或更长时间内缓慢继续升高。在实现CO_2排减后，海洋的热膨胀也将持续很长一段时间，同样在数百年内冰原的融化会继续对海平面上升产生影响。本图只是对稳定在450-1000ppm间的任一水平的一般性描述，因此在相应的坐标轴上没有标注单位。在这个范围内对稳定轨迹的响应表明非常相似的时间进程，然而在CO_2高浓度情况下影响却很大。

问题 5 图 5-2

可能会出现一个较低的增暖程度上。

生态系统中的惯性

某些生态系统很快地显示出气候变化的影响，而另外一些则很慢。例如，珊瑚礁在一个特别温暖的季节中就会变白，而一些长寿命的生物体，如树木，在气候条件发生变化的情况下还可能存活几十年，但却无法再生。当经受气候变化包括极端事件的频率发生变化时，由于不同物种的响应时间不同，生态系统有可能遭到破坏。

问题 5.8 & 问题 3 表 3-2

一些碳循环模式预测，全球陆地碳净汇在21 世纪将达到峰值，其后将达到饱和或者减小。当前，通过陆地生态系统造成的CO_2全球的净吸收，部分是由于植物生长与死亡和腐烂之间的滞后所形成的。目前植物生长的增加部分是由于CO_2增加和氮沉降的增肥效应，以及气候的变化和土地利用方式的变化而造成的。随着森林逐渐成熟，增肥效应变得饱和，以及分解赶上生长，其吸收能力将会降低。气候变化可能将进一步降低全球陆地碳的净吸收。尽管增暖将降低海洋对碳的吸收，在大气CO_2增加的情况下，预计至少在21世纪，海洋碳汇将继续维持。碳从地表到深海的迁移要花数百年，其与海洋沉积物的平衡要延续数千年。

问题 5.6-7

社会-经济系统的惯性

不同于气候和生态系统，人类系统中的惯性是不确定的；它可以通过政策和个人的选择来改变。实施气候变化政策的能力取决于社会、经济的结构与价值、机构、技术和已经建立的基础设施间的互相影响，这一综合系统通常的演变相对缓慢。在一定压力下也能演变很快，尽管有时要花费较高的代价（例如，如果资本设备过早淘汰）。如果变化较为缓慢的话，由于技术更新或因为资本设备价值的完全贬值，可能费用会较低。通常，在察觉到一种响应重大挑战的需求、作出规划、研究和开发一种解决方法并予以执行之间，需要有几年到几十年的时间。在早期判断基础上的有预见性行动，可以增加这样的机会，即需要时便会得到适宜的技术。

问题 5.10-13

依靠技术转让、财政支持和研究政策可以加速新技术的开发和采纳。由于来自目前的机构、服务部门、基础设施和可获得资源所形成的市场优势的“自保持”系统，技术替代可能会被延误。尽早开始技术更新会降低学习曲线的费用。

问题 5.10 & 问题 5. 22

惯性的政策含义

存在于气候、生态和社会-经济系统中的惯性和不确定性表明在设定避免气候系统的危险干预水平的战略、目标和时间表时应当考虑一个安全极限。例如，大气中CO_2浓度、温度或海平面的稳定目标水平都可能受到下列因素的影响。

- 气候系统的惯性，这将导致在采取减缓行动后气候变化仍旧持续一段时间；
- 有关不可逆变化可能的阈值位置及其临近阈值时系统行为方面的不确定性；
- 减缓目标的采纳和实现它的时间滞后。

类似的，适应性受到包含有确认气候变化影响、制定适宜的适应战略以及采取适应措施的时间滞后的影响。

问题 5.18- 20 & 问题 5. 23

气候、生态和社会-经济系统中的惯性决定了采取适应措施已不可避免，并且在某些情况下已是必须的，而惯性影响着适应和减缓战略对策的优化组合。惯性对适应的后果与对减缓的后果是不同的，因为适应着重于气候变化的区域影响，而减缓更偏重于气候系统的影响。这些后果具有政策选择的经济有效和公平的组合特征。在惯性和不确定性存在的情况下，预防战略和渐进的决策过程（渐进行动、评估和再订正行动）可能是适合的响应对策。在惯性存在的情况下，适应或减缓气候变化的稳妥行动是更为有效的，在某些情况下如果能及早而非迟后采取行动的话，可能会成本较低。

问题 5.18- 21

存在于相互作用的气候、生态和社会-经济系统中惯性的普遍性和不可逆的可能性，是采取有预见的适应和减缓行动的主要原因。如果行动滞后的话，就可能失去许多实施适应和减缓方案的机会。

问题 5. 24

问题6

问题 6

a) 考虑到历史和当前的排放，一系列减排行动介入的范围程度、时间是如何决定和影响气候变化的速率、强度、后果以及如何影响全球和地区经济的?

b) 考虑到气溶胶可能的影响程度，将大气温室气体浓度稳定在当前水平到加倍或更高水平(等量CO_2计)，我们从区域和全球气候、环境以及社会-经济影响的敏感性研究中了解到了什么? 对应于问题3中所考虑的一系列情景，对每一稳定的浓度情景，包括不同的稳定途径，相关的成本和效益进行评价， 涉及如下内容：

- 预测的大气温室气体浓度、气候和海平面的变化，包括100年之后的变化；
- 气候和大气成份变化对人体健康、生态系统的多样性和生产力以及社会-经济部门（特别是农业和水）的影响及经济成本效 益；
- 适应对策的范围，包括成本、效益和挑战；
- 通过定量或定性地评价为避免环境危害所采取的减排措施的国家和全球成本效益，评价如何对这些成本效益进行比较，确定达到每个稳定水平的技术、政策和措施的范围；
- 与区域和全球尺度的影响、适应和减缓相关的发展、可持续性及公平性问题。

通过减少温室气体排放，可以降低预测的气候变暖和海平面上升的速率和程度。

问题 6.2

温室气体排放量减少越多、采取减排行动越早，气候变暖和海平面升高的幅度越小、越慢。未来气候变化是由历史、目前和未来排放所决定的。采取温室气体减排措施和没有减排措施的情景所预测的温度变化差异在最初几十年很小，但如果继续采取减排措施，预测的温度变化差异逐渐加大。

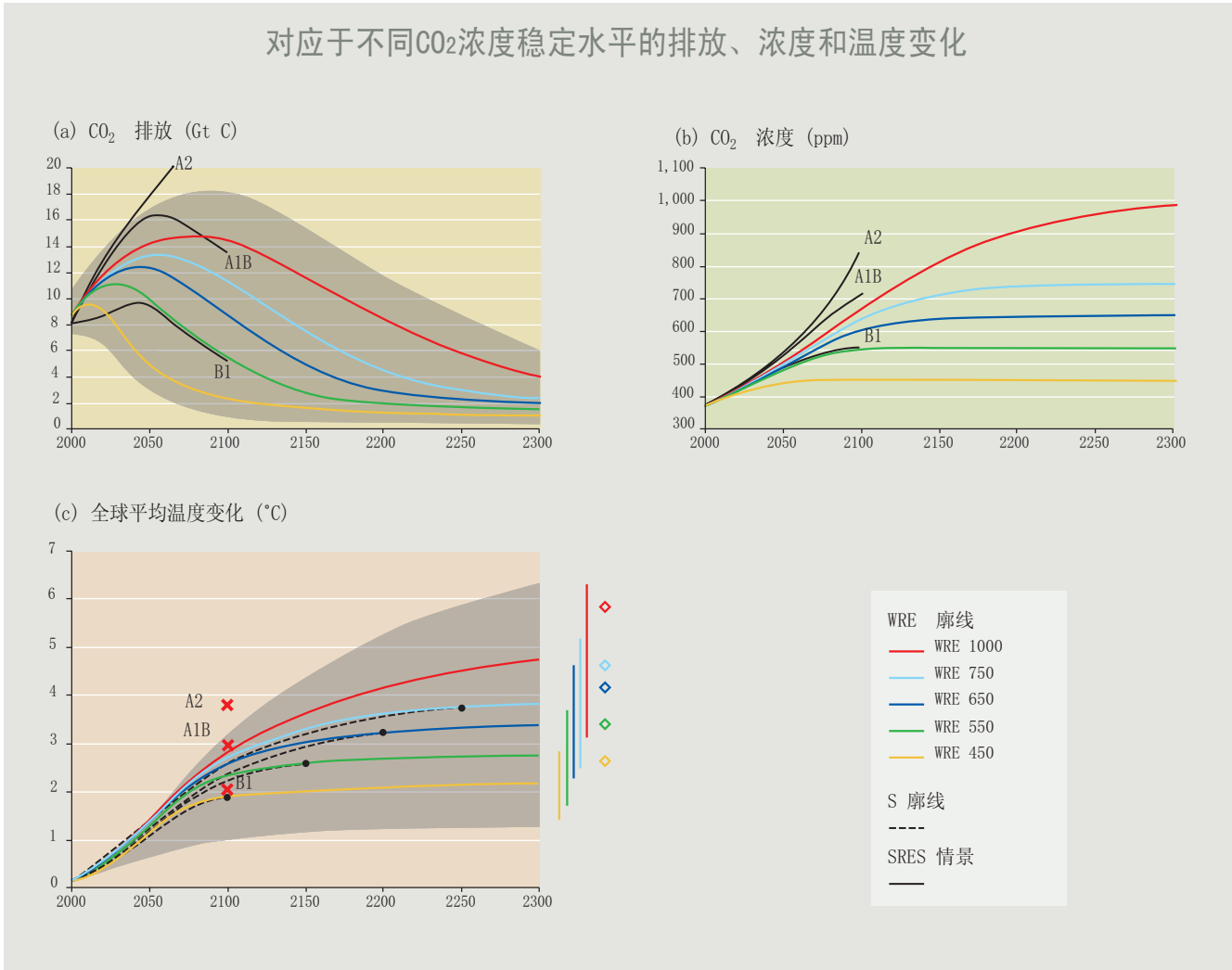
问题 6.3

减少温室气体排放和减少影响这些温室气体浓度的气体对稳定辐射强迫是必需的。例如，对于最重要的人为温室气体、碳循环模型模拟结果表明，要求在未来几十年、一个世纪或两个世纪内全球人为CO_2排放保持低于1990年的排放水平并在以后继续稳定减少，大气中CO_2浓度水平才能稳定在450ppm，650ppm，1000ppm（图SPM-6）。模型模拟结果表明对稳定在450ppm的情形下，未来十至二十年温室气体排放将达到峰值（450ppmm），而对于稳定1000ppm的情形大约在一个世纪。最终CO_2排放量将仅为目前排放量的很小一部分。不同稳定水平的效益将在问题6中讨论，而其成本将在问题7中讨论。

问题 6.4

估算各种温室气体浓度稳定水平的增温幅度时，存在很大的不确定性。因为气候对温室气体增加的敏感性有300%的不确定性[4]。图SPM-7表明最终CO_2浓度稳定水平与预测的2100年和平衡状态下的温度变化范围。

问题 6.5



图SPM-6：稳定大气中CO_2浓度要求切实减少排放，使排放量低于目前的水平，这样可能放慢增温速率。

问题 6图 6-1

a) *CO_2排放*。利用碳循环模型预测了WRE情景将大气中CO_2浓度稳定在各种水平的CO_2排放随时间变化曲线。阴影部分表明不确定性的范围。

b) *CO_2浓度*。WRE情景指定的*CO_2*浓度水平。

c) *全球平均温度变化*。利用简单气候模型估算各种WRE情景的温度变化。CO_2浓度稳定之后（以黑点表示）气候继续变暖，但升温速率大大降低。假设非CO_2温室气体排放在2100年前遵循SRES A1B情景，之后排放水平保持不变。选择SRES A1B情景的理由是这个情景位于所有SRES情景的中部。虚线表明预测的S情景的温度变化（在(a)和(b)部分中没有表示出）。阴影部分表明5种稳定水平的气候敏感性范围的影响。右手边的彩色竖线所示为每一种稳定情景在2300年的不确定性。右边菱形所示为每一种CO_2稳定情景的平均平衡状态时的（长期）增温情况。图中也给出了所估算的三种SRES排放情景的CO_2排放、浓度和温度变化。

[4] CO_2倍增平衡状态时的全球平均温度经常用来衡量气候的敏感性。图SPM-6和SPM-7中的温度来自一个校准的简单模型，简单模型给出了与一系列复杂模型相同的响应，这些复杂模型的气候敏感性范围为1.7°C-4.2°C。这个范围与普遍接受的温度范围1.5°C-4.5°C具有可比性。

根据图SPM-6所示情景并假设在2100年之前非CO_2温室气体排放按SRES A1B情景，在2100年之后排放水平保持不变，最终大气中CO_2的浓度稳定在1000ppm之下的减排措施将使2100年全球平均温度增幅限制在3.5°C之内。大气中CO_2的浓度最终稳定在450-1000ppm的情景，预计2100年全球平均地表温度增加1.2-3.5°C。在21世纪，虽然分析的所有CO_2浓度稳定情景都可能避免 SRES预测的2100年增温幅度为1.4°C-5.8°C的上部部分，但应注意，在2100年后大多数情景的CO_2浓度将会继续增加。平衡状态时的温度上升将需要数百年的时间，若稳定在450ppm，温度将比1990年升高1.5-3.9°C，若稳定在1000ppm，温度将比1990年高3.5-8.7°C [5]。另外，对特定的温度稳定目标，要求稳定温室气体浓度水平的不确定性范围很大（图SPM-7），在某一温度目标下要求稳定的CO_2浓度水平也依赖于非CO_2温室气体的浓度水平。

问题 6.6

温室气体浓度稳定之后，海平面和冰盖对气候变暖的响应将持续数百年。当CO_2浓度从工业革命前的280增加到560ppm时，由于热膨胀作用，在平衡状态下，预计海平面升高范围在0.5-2米；当CO_2浓度从工业革命前的280增加到1120ppm时，海平面将升高1-4米。在20世纪，观察到的海平面升高范围为0.1-0.2米，如果考虑到其他温室气体浓度增长所造成的影响，预计海平面升高幅度将更大。在数百年至数千年的时间尺度上，还有其他因子影响海平面上升。第三次评估报告中的模型模拟结果预计，即使温室气体浓度稳定在550ppm（等量CO_2），由于极地冰盖（见问题4）与大陆冰层所致的海平面上升将高达几米。

问题 6.8

减少温室气体排放稳定其在大气中的浓度，可能推迟和减少气候变化所造成的危害。

问题 6. 9

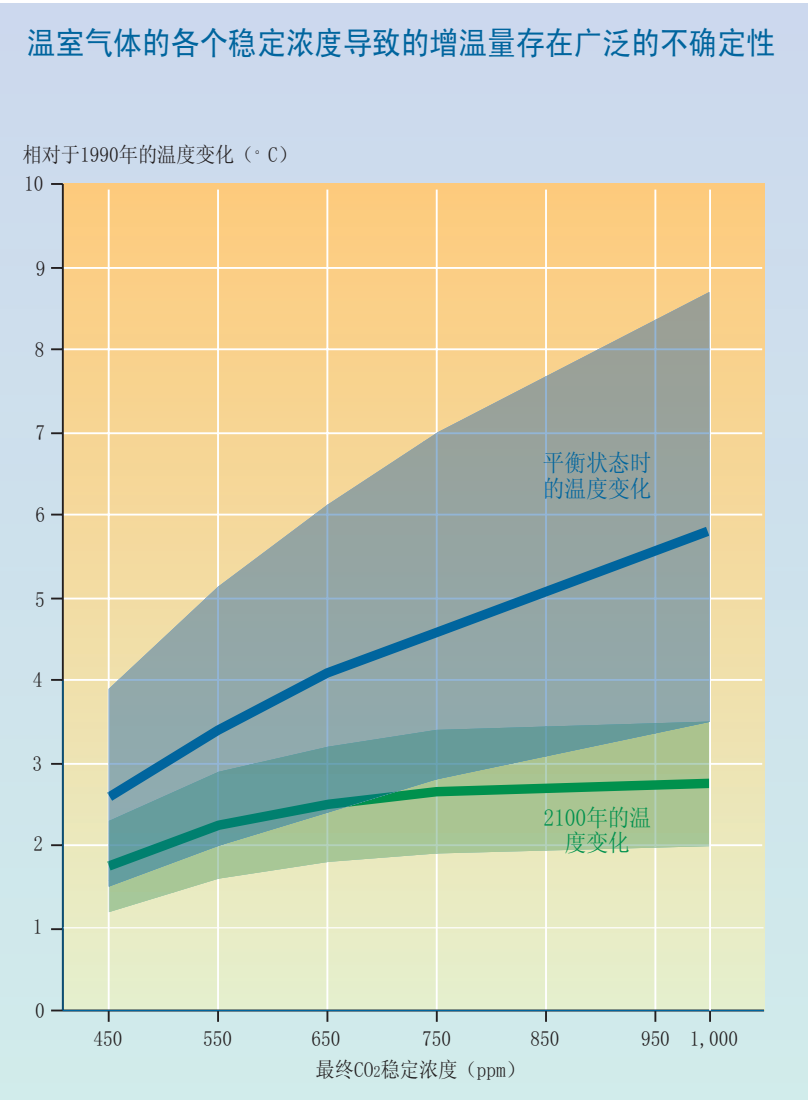
减少（减缓）温室气体排放将减轻气候变化对自然与人类系统的压力。减排后全球平均温度增加与海平面升高速度减慢，使我们有较多的时间去适应。因此，减缓措施也将推迟和降低气候变化造成的破坏并因此产生环境与社会经济效益。减缓措施和与之有关的成本在问题7中讨论。

问题 6.10

减排行动将大气中温室气体浓度稳定在较低水平，减轻了危害，相对而言有较高的效益。将温室气体浓度稳定在较低的水平能降低生物自然系统超过其温度阈值的风险。例如，将CO_2浓度稳定在450ppm水平上，2100年的全球平均温度的升高幅度将比稳定在1000ppm条件下低0.75-1.25°C（图SPM-7）。在平衡状况下，两种温室气体稳定情景的增温幅度差异为2-5°C。自然系统受到危害或丧失的地理范围、受到影响系统的数量将随气候变化的强度和速度的增加而增加，温室气体稳定时的水平越低，受到不利影响的程度就越低。同样，在较低的温室气体稳定水平下，受极端气候事件影响的严重程度可望降低，受不利的净市场冲击的地区较少，受全球综合影响也较小，大规模的严重影响事件发生的风险降低。

问题 6.11

[5] 对于所有这些情景，其他温室气体和气溶胶的平衡增温贡献为：在低的气候敏感性条件下为0.6°C，在高的气候敏感性条件下为1.4°C。辐射强迫的增加相当于最终CO_2浓度额外增加28%。



图SPM-7：稳定CO_2浓度可以减缓增温，但存在不同程度的不确定性。利用简单气候模型预测了图SPM-6中所示的WRE情景（a）2100和（b）长期平衡状态下相对于1990年的温度增加情况。对不同的温室气体稳定浓度水平的最低与最高估计时假设气候敏感性分别为1.7°C和4.2°C。中间的线为最高值和最低值的平均。

问题 6 图 6-2

目前仍没有将大气中温室气体稳定在不同浓度水平的综合和定量的效益评估。对气候变化影响的定性了解方面已经取得进展。由于气候敏感性的不确定性，温度、降水和其他气候变量和现象的地理、季节模式变化的不确定性，对特定的排放情景，气候变化的影响并不能准确地确定，在系统的关键过程、敏感性和适应气候变化的能力方面也存在不确定性。另外，生态系统的组成与结构功能变化、物种的灭绝、人类健康的变化、对不同人群的影响程度不同等都不易用货币和其他共同的单位来衡量。因为上述的限制，不同温室气体减排行动，包括将温室气体浓度稳定在一定的水平上，所带来的经济效益都不能完全量化，也不能与以估算减排措施净效益为目的的减排成本直接相比较。

问题 6.12

采取各种尺度的适应对策作为补救措施以减缓气候变化是必要策略，也对可持续发展目标有贡献。

问题 6.13

适应对策是降低气候变化风险的一种经济有效的补救措施。减少温室气体排放、甚至将大气中温室气体浓度稳定在低水平，既不能够完全阻止气候变化和海平面的升高，也不能阻止气候变化和海平面升高所产生的影响。许多有效的适应性响应措施会用来应对正在变化的气候和海平面升高，目前已经存在一些措施。另外，应对气候变化风险和利用各种机遇有计划的适应性战略可能减轻气候变化影响。然而，采取适应对策要承担费用，也不能防止所有危害。减缓行动可减小和减慢气候变化，防止系统受到影响，从而可以降低采取适应所需的费用。

问题 6.14-15

预计在不同国家、相同国家的不同地区之间的气候变化影响是不同的。应对气候变化的挑战提出了一个重大的公平性问题。如果设计适当，减缓和适应性行动可以促进可持续发展和国家内部或国家之间两个方面及代际间的公平。减少预计增加的极端气候事件对所有国家都有利，尤其是对发展中国家有利，一般认为发展中国家比发达国家对气候变化更脆弱。从现在开始采取行动减缓气候变化也降低气候变化对未来一代人所造成的风险。

问题 6.16-18

问题 7

问题7

在减少温室气体排放的潜力，成本和效益，以及时间架构方面，我们了解些什么？

- 什么是经济和社会的成本效益，什么是政策和措施的公平含义，什么是可以考虑的致力于地区和全球气候变化的《京都议定书》的机制？
- 什么是可考虑的研究与开发、投资及其他的政策措施，这些措施被认为对加强开发和推广气候变化技术最有效？
- 哪些经济和其他政策选择可以考虑用于消除刺激私有和公共部门技术在国家间转移和推广方面现有和潜在的障碍，它们对推测的排放可能产生什么样的影响？
- 上述措施的时间安排如何影响经济的成本效益、以及下世纪及以后大气中的温室气体浓度？

有许多机会，包括技术选择来减少近期排放，但在展开这些机会上存在障碍。

问题 7. 2-7

自1995年第二次评估报告以来，已经取得了有关温室气体减排潜力的重大技术进步，这种进步比预期的快。净减排能够通过一系列技术来达到（如能源生产和使用中更高效的转换、采用低温室气体和无温室气体排放技术、碳去除和贮存、改善土地利用、土地利用变化和林业实践）。从风力发电机的市场引入和工业伴生气的迅速削减，到燃料电池技术的进展及地下CO_2贮存示范，在不同的发展阶段，科学技术在广大的范围内都正在进步。

问题 7.3

成功地实施温室气体减排选择需要克服许多技术、经济、政治、文化、社会、行为和/或机构方面的障碍，这些障碍阻止减排选择的技术、经济和社会机会得到充分发掘。减排的潜在机会及障碍依地区、部门和时间而不同。这是由减排能力的各种差别引起的。大多数国家将从财政创新、社会学习和创新、机构改革、消除贸易障碍和消除贫困中得到好处。此外，在发达国家，未来的机会主要在于消除社会和行为障碍；在经济转型国家，在于价格合理化；在发展中国家，则在于价格合理化，增加获得数据和信息的渠道、获得先进技术、财政资源、培训及能力建设。对任何一个选择的国家，都可能在克服任何一组障碍中得到机会。

问题 7.6

如果国家的气候变化应对措施能够作为限制或减少温室气体排放的一系列政策措施来部署，就会更为有效。政策措施系列可包括根据国情排放/碳/能源税，可交易或不可交易排放权，土地使用政策，提供和/或取消补贴，寄存/反还系统，技术或性能标准，能源结构要求，产品禁令，自愿协议，政府支出和投资，及支持研究开发。

问题 7.7

许多原因造成不同模型和研究的成本估计变化。

问题 7.14-19

由于各种原因，围绕具体的减排成本的定量估计，有重大的差别和不确定性。成本估计的不同源自于(a)分析时采用的方法[6]，和(b)分析时隐含的因素和假设。包含某些因素将导致低的估计，而另一些因素将导致高的估计。包含多种气体、吸收汇、引发的技术变化、和排放贸易[7]能降低估计出的成本。另外，研究提出在政策能够创造无悔机会的时候，如矫正市场的不完善，包括附带效益，和有效的税收再分配，有些温室气体排放源能以无或负社会成本得到限制。促进经济有效的减排的国际合作能降低减排成本。另一方面，考虑对经济的潜在的短期冲击，在利用国内和国际市场机制时的约束，高交易成本，包括附带效益，和低效的税收再分配将增加估计出的成本。没有一个分析能包含所有影响减排成本的因素，所估计的成本可能并不反映实施减排行动的实际成本。

问题 7.14 & 问题 7. 20

第三次评估报告调查的研究认为有充分的机会降低减排成本。

问题 7.15-16

自下而上的研究提出存在大量低成本减排机会。根据自下而上的研究，到2010年和2020年，全球减排量可分别达到每年19-26亿吨碳当量和每年36-50亿吨碳当量[8]。这些减排潜力的一半可以在2020年以直接效益（节能量）大于直接成本（净投资成本、运行成本和维护成本）的方式实现，另一半以直接成本最多100美元/吨碳当量(1998年价格)的方式实现。然而，由于下述理由，实现这些潜力也许很困难。这些净直接成本估计是用贴现率为5～12%得到的，与公用部门的贴现率一致。私人部门的内部收益率变化很大，一般都相当高，影响到在私人企业中采用这些技术。根据排放情景，

问题 7.15 & 问题 7 表 7-1

[6] 第二次评估报告描述了成本估计的两种方法：自下而上的方法，基于对具体技术和部门的评价；自上而下的模型研究，处理宏观经济关系。见后面报告的框7-1。

[7] 一种达到环境目标的市场方法，允许把温室气体减少到所要求的额度以下，使用或出售超出的减排量抵消国内或国外别的排放源的排放。此处该术语泛指排放许可的贸易和基于项目的合作。

[8] 减排量估计是根据类似于SRES的B2情景的基准线得出的。

这将允许全球排放以这种净成本在2010～2020年降低到2000年水平以下。要认识到这些减排涉及额外的实施成本，在一些情况下，如对支持政策的潜在需求、增加的研究开发、有效的技术转让和克服其他障碍等，是很重要的。第三工作组第三次评估报告评价的各种全球、区域、国家、部门和项目研究有不同的范围和假设，并不存在适用于每个部门和区域的研究。

林业、农业土地和其他陆上生物系统提供重要的碳减排潜力。尽管不必是永久的，碳保存和碳吸收也能为进一步开发和实施其他措施赢得时间。生物减排可以在三种条件下出现：(a) 保存现有碳库，(b) 扩大碳库增加碳吸收[9]，(c) 使用可持续的生物产品。到2050年，生物减排潜力是1000亿吨碳（累计）的量级，大约等于同期预测化石燃料排放的10%到20%，这一预测有很大的不确定性。实现这种潜力取决于土地和水的可获得程度及所采用的土地管理制度的水平。减少大气中的碳含量的最大生物潜力在于亚热带和热带。到目前，所报告的生物减排的成本估计的变化很大，从几个热带国家的每吨碳0.1美元到20美元，到非热带国家的每吨碳20美元到100美元。财务分析的方法和碳计算是不可比的。许多时候，成本计算不包括基础设施的成本、合适的贴现、监测、数据收集和实施成本、土地和维护的机会成本，或其他重复的成本，该成本常常是被排除或被夸大。在这一范围内的低的成本被认为带有低估的趋向，随着时间推移，对成本的了解和处理正在改善。生物减排选择也可能减少或增加非二氧化碳温室气体的排放。

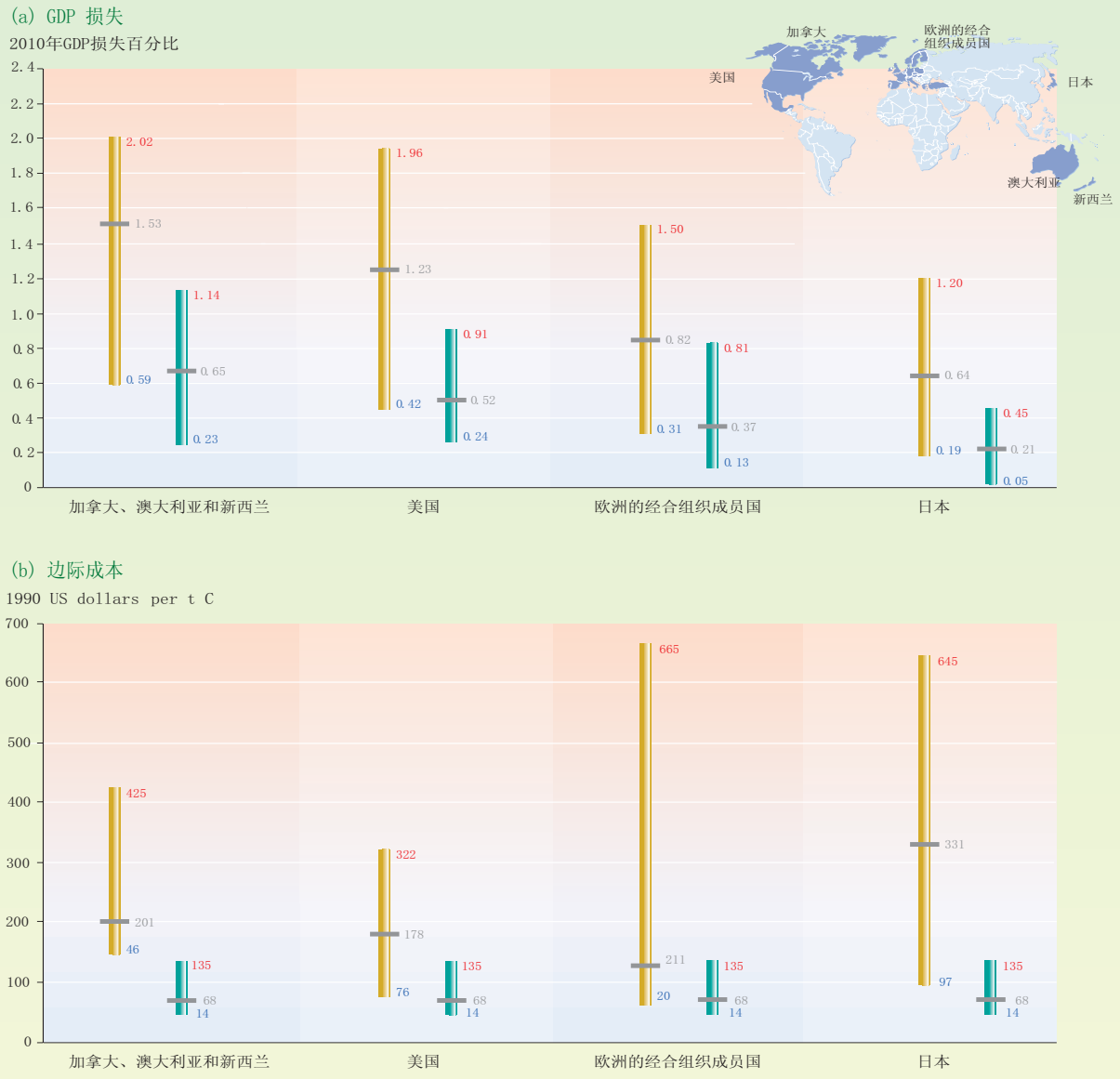
问题 7.4 & 问题 7.16

对附件B国家履行《京都议定书》的成本估计因研究和地区而变化，很强地依赖于对利用京都机制的假设，及其与国内措施的相互作用（见图SPM-8,分地区附件二国家减排成本比较）。报告和比较这些成本的全球模型的大多数使用了国际能源-经济模型。9个研究提出下述的GDP影响。在附件B国家间未开展排放贸易时，这些研究显示2010年附件二中不同国家的预期GDP[10]的减少约为0.2-2%。在附件B国家间的排放贸易达到充分的状态下，2010年估计的减少为预期GDP的0.1-1.1%。上述全球模型研究提出满足《京都议定书》目标的国内边际成本，在没有排放贸易时，为从20美元/吨碳到600美元/吨碳，在有附件B国家间的排放贸易时为15美元/吨碳到150美元/吨碳。对于多数转型经济国家，对GDP的影响是从可忽略到增加若干百分点。然而，对一些经济转型国家，履行《京都议定书》将使其GDP受到和附件二国家相似的影响。在进行这些研究时，多数模型没有包括吸收汇、非二氧化碳温室气体、清洁发展机制（CDM）、负成本选择、附带效益或有目标的收入再循环，包括这些将减少所估计的成本。另一方面，这些模型采用了低估成本的假设，因为它们假设在附件B国家内和国家间充分利用没有交易成本的排放。贸易、减排的应对措施完全有效以及经济从

问题 7.17-18

[9] 改变土地利用能影响大气CO_2的浓度。假定所有历史上土地利用变化释放的碳在一个世纪被陆地生态圈吸收（即再造林），CO_2浓度将降低40-70ppm。

[10] 计算的GDP减少是相对于每个模型预测的GDP基准线。模型仅计算了削减CO_2。相反，上面引用的自下而上的分析包括所有温室气体。许多方法可用于表示成本。例如，如果在附件B国家充分进行排放贸易时发达国家满足《京都议定书》目标的年成本是GDP的0.5%，则代表附件二国家（SRER的假设）到2010年，每年1250亿美元，或每年每人125美元。这相当于在10年中对经济增长率的不到0.1个百分点的影响。



图SPM-8：全球模型预测的2010年附件二国家的GDP损失和边际成本：（a）GDP损失和（b）边际成本。预测的GDP的减少是2010年相对与模型的参考情况的GDP。这些估计是基于参加能源模型研究论坛的9个模型。图中为含有附件二的4个区域的预测结果。模型检验了两个情景。首先，各区域在仅有国内排放贸易的条件下进行规定的减排。第二个情景，允许全部附件B国家间排放贸易，各区域的边际减排成本相等。图中给出每个情景和区域的所有模型估计的最大、最小和中间的边际成本。研究的关键因素、假设和不确定性参见后面报告的表7-3和框7-1。

问题 7.18-19

1990年到2000年就开始向满足京都目标调整。从这些机制得到的成本削减量将取决于实施的细节，包括国内和国际机制的兼容性、约束条件及交易成本。

尽管排放约束已经在附件一国家很好地建立了起来，对非附件一国家却有不同的“溢出效应”[11]。 非附件一石油输出国家：分析分别报告了不同的成本，在其他成本以外，特别是预期的GDP减少和预期的石油收入减少。研究报告表明2010年最低成本是：在没有排放贸易时，GDP将降低0.2%，有附件B国家排放贸易时，GDP损失小于0.05%[12]。研究所报告的最高成本为2010年的石油收入在没有排放贸易时降低25%，在附件B国家进行排放贸易时降低13%。这些研究没有考虑附件B国家排放贸易以外的能够减少对非附件一石油出口国影响的政策和措施。对这些国家的影响还可以通过取消对化石燃料补贴，按照含碳量重新设置能源税，增加天然气的使用，和非附件一石油出口国经济多元化来进一步减少。其他非附件一国家可能会受到OECD国家减少对他们出口的产品的需求和高碳排放强度及其他必须继续进口的产品价格上涨的负面影响。他们也可能从燃料价格下降、高碳排放产品出口增加，以及环境友好技术和决窍的转让中获益。一些碳排放强度高的工业在非附件一国家可能的重新分布和价格变化对贸易流的广泛影响可能引起5～20%的碳泄漏[13]。

问题 7.19

技术开发和扩散是经济有效地稳定温室气体浓度的重要组成部分。

问题 7.9-12 & 问题 7. 23

开发和转让环境友好技术对降低稳定温室气体浓度的成本能起到关键的作用。 国家间和区域间技术转让可以拓宽区域的选择范围。规模经济和学习可以降低采用这些选择的成本。通过合理的经济政策、法规框架、透明和政治稳定，政府可以为私人和公共部门的技术转让创建有利的条件。适当的人员和机构能力将可在任何阶段增加国内和跨国的技术流动，并改进其质量。另外，要形成最有效的技术转让，就必须建立有私人和公共部门参与的网络，着重开发满足或适应当地发展需要和优先项目的，并具有多种效益的产品和技术。

问题 7.9-12 & 问题 7. 23

低排放情景要求不同的能源供应发展形态和增加能源的研究与开发以帮助加速先进的环境友益的能源技术的发展与扩散。 由化石燃料燃烧产生的二氧化碳排放对21世纪大气中二氧化碳浓度的主要影响趋势实质上是确定的。第三次评估报告评价的资源数据可能暗示在21世纪能源结构的变化和引入新型能源。对能源结构及相关技术和投资的选择 — 或更多地朝向非常规石油和天然气资源开发，或指向非化石燃料，或带有碳捕获和贮存的化石能源技术--将决定能否和以什么样的水平和成本来稳定温室气体浓度。

问题 7. 27

达到稳定浓度的途径与目标本身都是减排成本的决定性因素[14]。

问题 7. 24- 25

[11] 溢出效应只包括经济效应不包括环境效应。

[12] 这些成本估计可用2000－2010年之间GDP增长率的差别表示。没有排放贸易时，GDP增长率每年降低0.02个百分点，有附件B国家排放贸易时，增长率减少小于0.005个百分点。

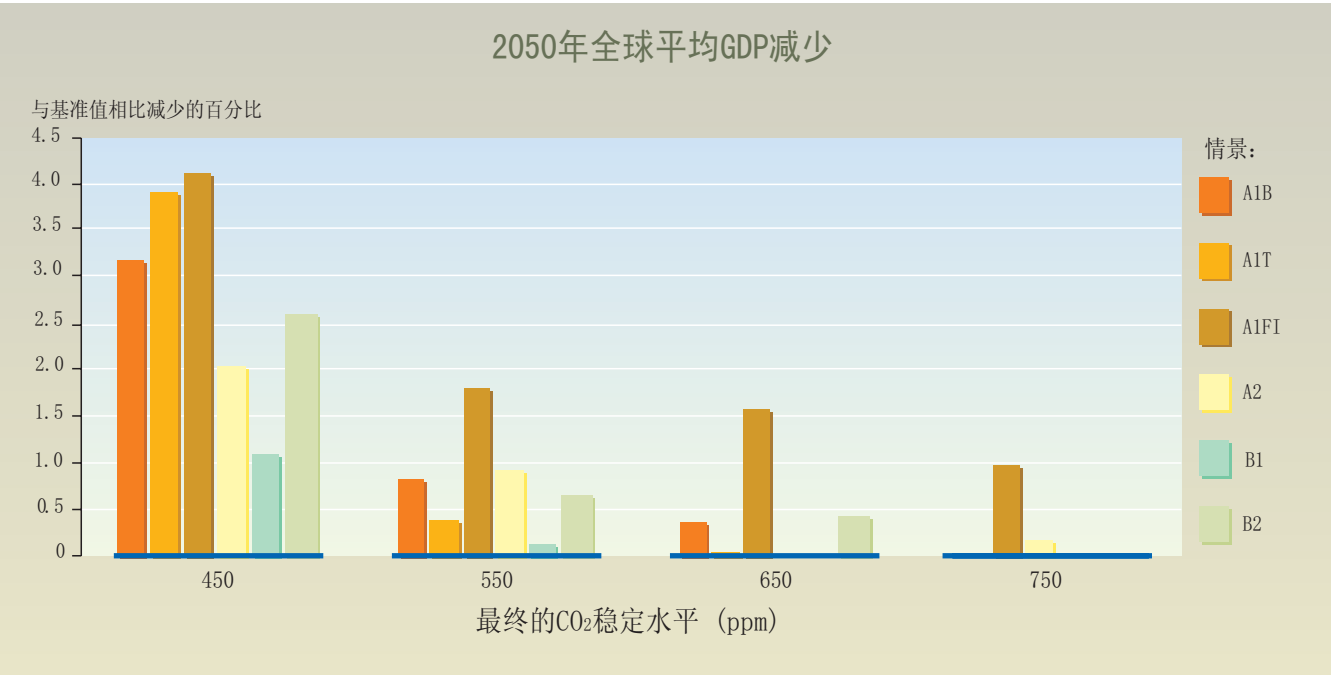
[13] 碳泄漏在此定义为由于附件B国家实施减排而造成的非附件B国家排放的增加，表示为附件B国家减排量的百分比。

达到一特定稳定目标的途径将影响减排成本（见图SPM-9）。当今世界的能源系统近期逐渐过渡到低碳排放经济，这将减少现有资本存量提前退役的成本，也将为技术开发提供时间，和避免被提前锁定在迅速发展的低排放技术的早期形态中。在另一方面，更快的近期行动将能增加趋向稳定的灵活性，降低与预期的气候变化有关的环境和人类风险和成本，也能刺激已有的低排放技术的更快配置和对未来技术变化提供较强的近期激励。

问题 7.24

研究说明稳定大气CO_2浓度的成本随稳定浓度水平降低而增加。不同的基准线对绝对成本有很强的影响（见图SPM-9）。当浓度稳定水平从750ppmv到550ppmv时，成本增加是中度的；除非基准情景很低，当浓度稳定水平从550ppmv到450ppmv时，成本大量增加。尽管模型预测长期全球GDP增长趋势没有大幅度受到趋向稳定温室气体浓度的减排行动的影响，但不能说明某些短期内在部门或区域将出现的大的变化。这些研究不包含碳吸收，也没检验更雄心勃勃的目标将引发的技术变化的可能效果。同时，随着时间的加长，不确定性问题的重要性将愈发增加。

问题 7.25



图SPM-9：2050年由减排活动引起的GDP减少、SRES情景和稳定水平之间的关系。随着稳定水平更严格，GDP趋于降低，但成本对基准情景的选择非常敏感。这些减排成本不包括避免气候变化的潜在效益。

问题 7. 25

[14] 见问题6对气候变化影响的讨论。

问题 8

问题8

对于预测的人为因素引起的气候变化和其他环境问题(如城市空气污染、区域性酸沉降、生物多样性的丧失、平流层臭氧损耗，以及荒漠化和土地退化)之间的相互作用，我们已知多少？为了以公平的方式将气候变化响应战略纳入当地、区域和全球尺度上的广泛的可持续发展战略，对于环境、社会、经济成本与效益以及这些相互作用的内涵，我们已知多少？

局部、区域及全球环境问题不可避免地联系在一起并影响可持续发展。因此，面对这些环境问题，我们要利用协作机遇，制定更有效的响应措施，增强收益，减少成本，使人类需求得到可持续性的满足。

问题 8.1-2

人类为了满足多方面的需求正在导致环境退化，而环境退化又反过来威胁着满足现在和未来需求的能力。例如：提高农业产量，可以通过增施氮肥、增加灌溉量或将天然草场和森林转变为农田来实现。然而，这些变化都会通过温室气体的释放来影响地球气候，通过侵蚀和土壤盐渍化导致土地退化，并通过自然生态系统的改变和破坏导致固碳量减少和生物多样性损失。反过来，气候的变化，尤其是在热带和亚热带地区，生物多样性丧失、基因和物种的改变和由于土壤肥力下降导致的土地退化又会对农业生产力产生不利影响。许多变化对粮食安全造成不利影响，对贫穷人口的影响尤甚。

问题 8.3 & 问题 8.15

潜在的人为气候变化的主要诱因和大多数的环境和社会、经济问题相似 — 即经济增长、广泛的技术变革、生活方式和人口变化(人口规模、年龄结构、迁移)和管理结构。这些可以引起：

问题 8.4

- 增加对自然资源和能源的需要；
- 市场不完善：包括导致资源低效利用和对环境友好技术的市场渗透设置障碍的政府补贴；对自然资源真正价值的认知不足；当地的自然资源价格与自然资源的全球价格不符；未能将环境退化的代价反映在资源市场价格上；
- 有限的技术可获性和技术转让，技术的低效利用以及对未来技术研究与开发的不充分的投资；
- 缺乏对自然资源和能源利用的适当管理。

气候变化影响环境问题，如生物多样性丧失、荒漠化、平流层臭氧损耗、淡水利用和空气质量，而许多环境问题反过来影响气候变化。例如，预测气候变化加重当地和区域空气污染，延迟平流层臭氧层的恢复。另外，由于基因和物种多样性潜在的损失，气候变化也会影响陆地和水域生态系统的生产力和构成；加快土地退化的速率；在许多地区加剧与淡水数量和质量有关的问题。相反，当地和区域空气污染、平流层臭氧损耗、生态系统的改变及土地退化等，又通过改变温室气体源和汇、大气辐射平衡和地表反射率来影响地球气候。

问题 8. 5-20

当地、区域及全球环境问题之间的关联以及它们与满足人类需求之间的关系，为完善响应对策和减少对气候变化的脆弱性采取共同合作提供了机会，尽管有时会有发生不利影响。环境和发展的多重目标可以通过采用广泛的技术、政策和措施来实现，这些技术、政策和措施明确地表明环境问题和人类需求之间的联系是密不可分的。在经济有效地减轻当地和区域空气污染和全球气候变化的同时，解决能源需求问题需要综合评估以最具经济的、环境的和社会的可持续性的方式满足能源需求的协同作用和不利影响。温室气体排放以及当地和区域污染物都可以通过更有效的能源利用、增加低碳排放化石燃料的份额、先进的化石燃料技术（例如高效联合循环气体涡轮机、燃料电池、热电结合）和可再生能源技术(例如增加对环境无害生物燃料的使用、水力发电、太阳能、风能和潮汐能)来减少。进一步地，可以通过造林、再造林、减缓森林砍伐和改进森林、草场和农田管理，增加碳的吸收来降低大气中温室气体的浓度，这会对生物多样性、粮食生产、土地和水资源产生有益影响。减少对气候变化的脆弱性常常可减少对其他环境胁迫的脆弱性，反之亦然。气候减缓和适应措施可以产生附加利益，这可满足人类需求、增进社会福利和产生环境效益，但在一些情况下会有不利影响存在。例如，在一些过程中，只种植一种作物的农业经营方式会减少当地生物多样性。

问题 8. 21-25

当气候政策纳入到国家发展政策（包括经济的、社会的其他环境因素）时，这些国家的适应和减缓能力将会得到加强。气候减缓和适应对策可以产生附加效益，满足人类需求，改善福利，带来其他经济效益。具有有限经济资源和技术水平低的国家常常对气候变化和其他环境问题非常脆弱。

问题 8.26-27

多边环境协议所解决的环境问题之间存在巨大的相互作用，在环境协议执行过程中可以寻求利用它们的协同作用。有一系列单独的公约和协议以及一系列的区域协议解决全球环境问题。它们包含了为制订总体目标具有共同利益和相近需求的情况下一如计划的执行、数据的收集和整理、加强人类和社会基础设施的能力、履行义务，例如：《保护臭氧层维也纳公约》与《联合国气候变化框架公约》从科学上讲是相互关联的，因为导致臭氧层损耗的许多化合物也是重要的温室气体，因为对现在已禁止的臭氧损耗物质的替代物也是温室气体。

问题 8.11 & 问题 8. 28

问题 9

问题9

对于下列气候变化的起因和模型预测的确凿性发现和主要不确定性是什么：

- 未来温室气体和气溶胶排放?
- 未来温室气体和气溶胶浓度?
- 未来区域和全球气候变化趋势?
- 区域和全球气候变化所产生的影响?
- 减排和适应对策的成本和效益?

在这个报告中，气候变化的***确凿性发现*** 定义为在不同过程、方法、模型和假定中都成立，而且相对来讲不受不确定性影响的结果。这个背景下，***主要不确定性*** 是指，如果这些不确定性减小的话，会导致与这个报告中问题有关新的和确凿性的发现。在下面表SPM-3的例子中，许多确凿性发现与气候对人类社会活动的反应以及反应的迹象的*存在*有关。许多主要的不确定性与反应的程度和/或时间的定量有关。在说明气候变化的起因后，表中还顺序描述了在图SPM-1中表示的问题。图SPM-10表示了气候变化科学的一些主要确定性发现。表SPM-3给出了例子，但它不是一个详细的清单。

表SPM-3 确凿性发现和主要不确定性。[a]

确凿性发现		主要不确定性
观测显示，地球的表面正在变暖，全球来看，1990年代非常有可能是仪器记录有史以来最热的十年（图SPM－10b）。[问题9.8] 大气中主要人为温室气体[CO_2（图SPM8a）、甲烷、氧化亚氮、对流层臭氧]的浓度从1750年后持续上升。[问题9.10] 一些温室气体具有长寿命期（如CO_2、氧化亚氮和全氟化物）。[问题9.10] 过去50年中观测到的大多数变暖可能是由于人为活动的增加而引起的。[问题9.8]	**气候变化及起因**	自然气候变化的大小和特征。[问题9.8] 自然因素和人为气溶胶引起的气候强迫（特别是间接效果）。[问题9.8] 区域趋势与人为气候变化的联系。[问题9.8和9.22]
21世纪CO_2浓度上升，事实上可以确定主要由于化石燃料CO_2排放（图SPM－10a）。 要将大气中 CO_2 的浓度稳定在450、650或1，000ppm，需要全球CO_2排放分别在几十年、大约一个世纪、大约两个世纪降低到1990年水平以下，并在之后继续稳定的降低到目前排放水平的一小份额。CO_2排放相应在从现在开始的10到20年（450ppm）、一个世纪左右（1000ppm）达到峰值。[问题9.30] 对大多数SRES情景来讲，与2000年相比，2100年SO_2（硫基气溶胶的前体）的排放低于2000年水平。[问题9.10]	**模型和预测的SRES情景和减排情景的未来温室气体和气溶胶排放和浓度**	SRES情景中对人口增长、技术进步、经济增长以及管理结构等各个假定中的范围大[b]（导致预测中的最大的不确定性）。臭氧、气溶胶前体排放情景还不充分。[问题9.10] 碳循环模型中包括气候反馈效果等因素[b]。[问题9.10]
21世纪全球表面平均温度上升速度非常可能在过去的1万年中是没有先例的。（图SPM－10b）[问题9.13] 几乎所有陆地变暖可能将高于全球平均水平，更多炎热日子和热浪，而寒冷日子和冷潮则减少。[问题9.13] 21世纪海平面将上升，会持续几个世纪。[问题9.15] 水循环将变得更强，全球平均降雨增加，在许多地区非常可能会有强度更大的降雨。[问题9.14] 在许多中纬度大陆内部会出现更频繁的炎热夏季和因此带来干旱的危险。[问题9.14]	**基于SRES情景模型预测的未来区域和全球气候变化**	在SRES情景中各个假定中的范围大[c]，如上所述。[问题9.10] 模型预测[c]有关的因素，特别是气候敏感性、气候强迫、反馈过程，尤其是包括与云和气溶胶等相关的气候反馈等。（包括气溶胶直接效果）[问题9.16] 对温度和海平面预测相关的可能性分布的认识。[问题9.16] 与大范围突然/非线性变化有关的机制、定量、时间范围以及可能性（如海洋温盐循环）。[问题9.16] 区域模型的能力限制（特别是降雨分析），导致不同模型结果之间存在不一致性，以及在当地和区域范围定量中的困难。[问题9.16]

表 SPM-3 确凿性发现和主要不确定性。[a] (续)

确凿性发现		主要不确定性
预测的气候变化将对环境和社会经济系统产生有益和有害影响，但是气候变化和变化的速度加大时，有害影响将明显更大。[问题9.17] 气候变化有可能不成比例的对发展中国家和这些国家的贫穷人群产生有害影响。[问题9.20] 生态系统和物种对气候变化和其他压力来讲是脆弱的（如最近区域气候变化观测到的效果所表明的那样），而且一些受到的损害将是不可逆转，或者消亡。[问题9.19] 在一些中、高纬度地区，植物生产率（树木和一些农作物）在温度有小部分上升时会增加。对超过(几)度的升温，在大多数地区植物生产率将下降。[问题9.18] 许多自然系统对气候变化来说是脆弱的（如海平面上升将加重海岸风暴潮的影响，冰川和永久冻土带将持续收缩）。[问题9.18]	**区域和全球平均气候和极端事件变化的影响**	评价和预测生态和社会（如通过病菌携带者和水源病菌传播的疾病）、经济系统对气候变化和其他压力如土地利用变化、区域污染等联合效果的反馈。[问题9.22] 与气候变化相关的灾害的确认、定量和评价。[问题9.16，9.22，9.26]
温室气体排放减少（减缓）行动将减轻气候变化对自然和人类系统的压力。[问题9.28] 减排成本在不同区域和部门之间有所差别。存在实质的技术和其他机会来减小这种成本。有效的排放贸易也可以减小参与者的成本。[问题9.31，35-36] 对附件一国家的排放限制，已经证明，虽然会有所差别，但将对非附件一国家产生"溢出"效应。[问题9.32] 如果通过采用一系列政策措施来限制或减少净温室气体排放，国家对气候变化的减排对策就会更有效。[问题9.35] 适应具有减少气候变化有害影响的潜力，可以立即产生附带效益，但不能防止所有损害。[问题9.24] 适应可以作为经济有效的战略来作为减排的补充，以减小气候变化风险；同时可以为可持续发展目标作出贡献。[问题9.40] 气候、生态系统和社会经济系统之间相互作用的惯性是说明期望的适应和减排行动为何具有益处的主要原因。[问题9.39]	**减排和适应对策的成本和效益**	气候变化与其他环境问题及相关社会经济实现之间的相互影响的认识。[问题9.40] 未来的能源价格，低排放技术的成本和可获得性。[问题9.33-34] 确定克服接受具有成本效益和低排放技术障碍的方法，以及克服这些障碍的成本估计。[问题9.35] 非计划的和非预期的、突然和短期效果的减排行动成本的定量。[问题9.38] 不同方法（如自底向上与自顶向下方法）对减排成本的定量分析，包括附带效益、技术变化以及地区和部门的效果。[问题9.35] 适应成本的定量。[问题9.25]

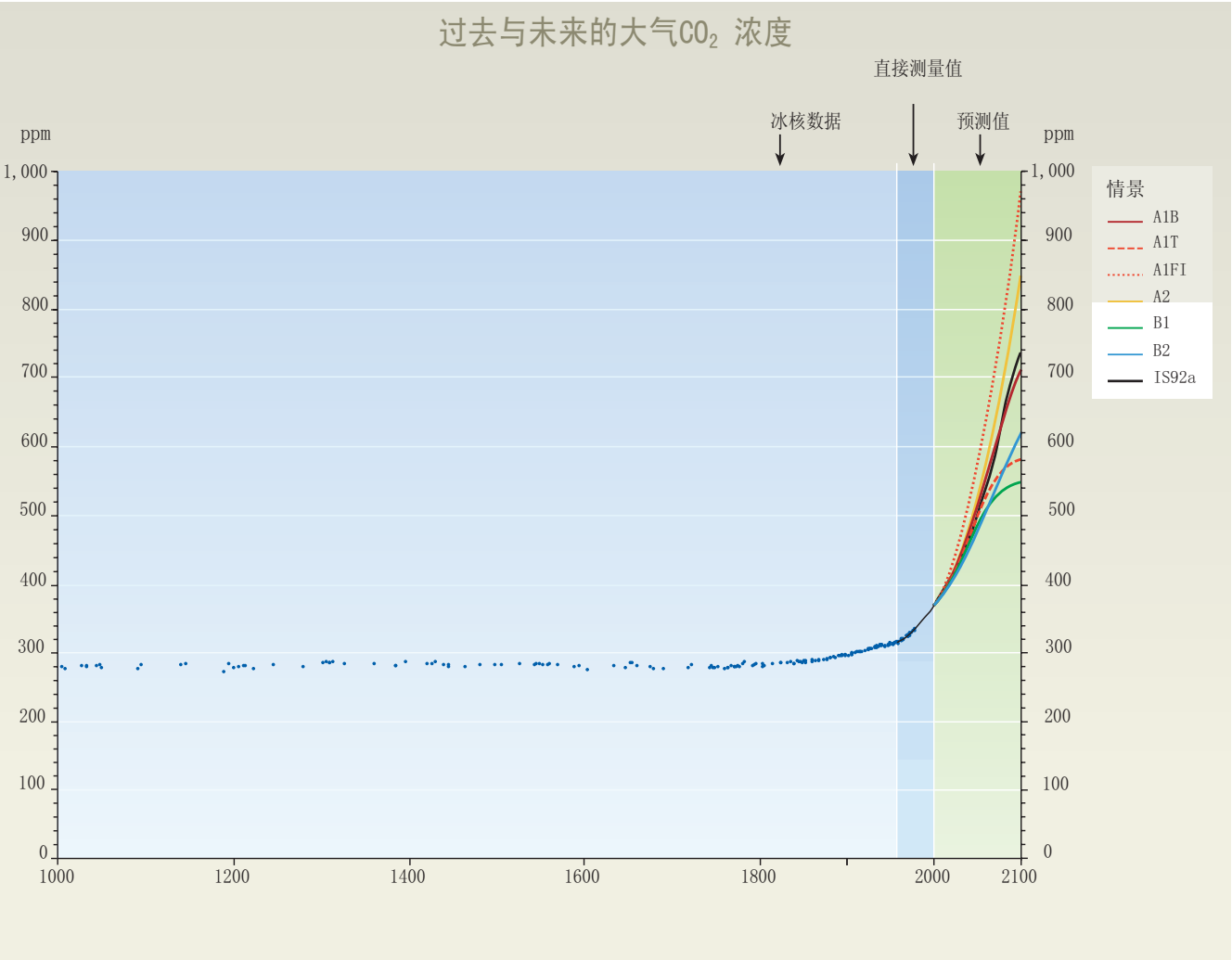
a. 在这个报告中，气候变化的确凿性发现定义为在不同过程、方法、模型和假定中都成立，而且相对来讲不受不确定性影响的结果。这个背景下主要的不确定性是指如果这些不确定性减小的话，会导致与这个报告中问题有关的新的确凿性发现。表中给出了例子，但它不是一个详细的清单。

b. 考虑这些不确定性会使2100年CO_2浓度范围在490到1250ppm之间。

c. 考虑这些不确定性会使1990年到2100年表面温度上升在1.4℃到5.8℃之间（图SPM-10b），全球平均海平面上升在0.09到0.88米之间。

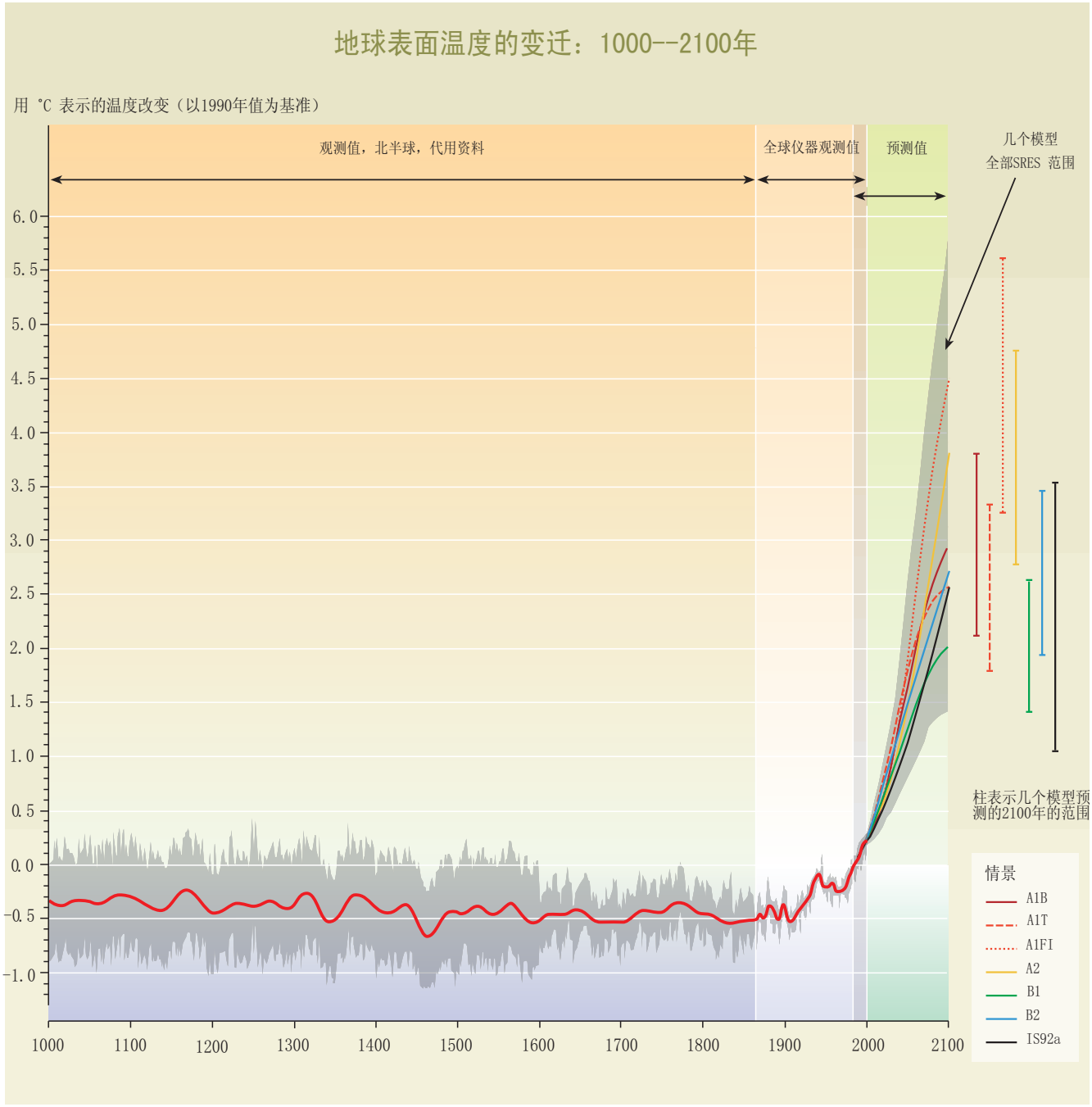
在许多认识气候变化以及人类对其反应所需要知识的方面，TAR已经取得了显著进步。但是，还存在许多差距，需要进一步的研究，特别是：

- 气候变化的检测和特性
- 对区域气候变化和气候极端情况的了解和预测
- 全球、区域和当地气候变化影响导致的破坏的量化
- 减缓和适应性活动分析
- 将气候变化问题的所有方面纳入可持续发展战略
- 开展综合和全面研究以提高判断什么是“对气候系统危险的人为干扰”的能力。



图SPM-10a：根据冰核和积雪数据,并辅以过去几十年中从大气直接采样的数据而得到的1000年到2000年的大气CO_2浓度。对2000年到2100年CO_2浓度的预测以6个SRES示样情景和IA92a情景（与SAR相比）为基础。

问题 9 图 9-1a



图SPM-10b：地球表面温度的变化：1000年到2100年。根据代用资料（如树木年轮、珊瑚、冰核以及历史记录）重建的1000年到1860年北半球平均表面气温（南半球相应的数据无法得到）的变化。实线表示50年平均，灰色区域表示每年数据95%信度限制。从1860到2000显示出仪器观测的全球和年均表面温度变化；实线表示10年平均。从2000年到2100年显示的是模型研究出在平均气候敏感性下SRES六个示样情景和IA92a情景（与第二次评估报告相比）计算得到的全球平均表面温度。标记“Several model all SRES envelop”的灰色区域表示35个SRES情景的全部范围，不包括不同气候敏感性下模型分析的范围。温度范围在1990年之后开始不同；这个范围与图SPM－2中的不同。

问题 9 图 9-1b

气候变化 2001:
综合报告

综合报告

政府间气候变化专业委员会的评估

以下报告于2001年9月24-29日在英国Wembley召开的政府间气候变化专业委员会（IPCC）第18次全会上通过，反映了IPCC各工作组提交的《第三次评估报告》中已达成共识的有关主要发现和不确定性方面的正式观点。

基于由下列人员准备的草稿：

核心写作组

Robert T. Watson, Daniel L. Albritton, Terry Barker, Igor A. Bashmakov, Osvaldo Canziani, Renate Christ, Ulrich Cubasch, Ogunlade Davidson, Habiba Gitay, David Griggs, John Houghton, Joanna House, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Neil Leary, Christopher Magadza, James J. McCarthy, John F.B. Mitchell, Jose Roberto Moreira, Mohan Munasinghe, Ian Noble, Rajendra Pachauri, Barrie Pittock, Michael Prather, Richard G. Richels, John B. Robinson, Jayant Sathaye, Stephen Schneider, Robert Scholes, Thomas Stocker, Narasimhan Sundararaman, Rob Swart, Tomihiro Taniguchi, 和 D. Zhou

扩大组

Q.K. Ahmad, Oleg Anisimov, Nigel Arnell, Fons Baede, Tariq Banuri, Leonard Bernstein, Daniel H. Bouille, Timothy Carter, Catrinus J. Jepma, Liu Chunzhen, John Church, Stewart Cohen, Paul Desanker, William Easterling, Chris Folland, Filippo Giorgi, Jonathan Gregory, Kirsten Halsnaes, Joanna Haigh, Hideo Harasawa, Bruce Hewitson, Jean-Charles Hourcade, Mike Hulme, Tom Karl, Pekka E. Kauppi, Rik Leemans, Anil Markandya, Luis Jose Mata, Bryant McAvaney, Anthony McMichael, Linda Mearns, Jerry Meehl, Gylvan Meira-Filho, Evan Mills, William R. Moomaw, Berrien Moore, Tsuneyuki Morita, M.J. Mwandosya, Leonard Nurse, Martin Parry, Joyce Penner, Colin Prentice, Venkatachalam Ramaswamy, Sarah Raper, Jim Salinger, Michael Scott, Roger A. Sedjo, Priyaradshi R. Shukla, Barry Smit, Joel Smith, Leena Srivastava, Ron Stouffer, Kanako Tanaka, Ferenc L. Toth, Alla Tsyban, John P. Weyant, Tom Wilbanks, Francis Zwiers, 和许多IPCC作者

评审编辑

Susan Barrell, Rick Bradley, Eduardo Calvo, Ian Carruthers, Oyvind Christophersen, Yuri Izrael, Eberhard Jochem, Fortunat Joos, Martin Manning, Bert Metz, Alionne Ndiaye, Buruhani Nyenzi, Ramon Pichs-Madruga, Richard Odingo, Michel Petit, Jan Pretel, Armando Ramirez, Jose Romero, John Stone, R.T.M. Sutamihardja, David Warrilow, Ding Yihui, 和John Zillman

问题1

问题1

科学、技术和社会经济分析究竟在哪些方面能有助于确定《联合国气候变化框架公约》第二条所提及的“气候系统危险的人为干扰”的构成是什么?

《气候变化框架公约》第二条:

“本公约以及缔约方会议可能通过的任何相关法律文书的最终目标是:依据本公约的各项有关规定,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。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能够可持续地进行的时间范围内实现。”

1.1 **自然、技术和社会科学对于确定哪些成分构成气候系统“危险的人为干扰”，提供了所需的实质性信息和证据。然而，这种决策是一种价值判断，它可以在考虑诸如发展、公平、可持续性、以及不确定性和风险下，通过一个社会政治进程来决定。**科学证据有助于减少不确定性，提高认识，并可以作为考虑采取预防措施[1]的一种输入。这种决策是在风险评估的基础上进行的，并由决策者引入有关气候变化行动和政策的风险管理选择[2]。(WGII TAR 第2.7节 和WGIII TAR 第10章)

WGII TAR 第2.7节 & WGIII TAR 第10 章

1.2 **确定哪些成分构成“危险的人为干扰”的基础随着区域的不同而变化，这取决于当地的特点和气候变化影响的后果，以及可获得的对付气候变化的适应能力。鉴于气候变化的程度和速率都是重要的，因此它也依赖于减缓能力。**可选择的响应气候变化后果的适应性措施类型，取决于各种减少脆弱性和改善人类生存支撑系统可持续性的适应或减缓响应战略的有效性。没有一组普遍适用的最佳政策，相反，既考虑到针对一系列可能的未来世界所采取的不同政策措施的力度，也考虑到将这些特定的气候政策与更为广泛的可持续发展政策相结合的程度，这将是重要的。(WGII TAR 第18章和WGIII TAR 第10章)

WGII TAR 第18 章& WGIII TAR 第10章

1.3 **《第三次评估报告》（TAR）对这些作为决策者确定“气候系统危险的人为干扰”的构成是什么输入的、新的科学信息和证据进行了评估。**涉及到：（1）气候系统变化的程度与速率，（2）气候变化对生态和社会经济的影响，（3）通过减缓措施实现不同的浓度水平的潜力以及有关适应性措施如何能够减少脆弱性的信息。(WGI TAR, WG II TAR 和WG III TAR)

WGI TAR, WGII TAR, & WGIII TAR

1.4 **有关气候系统变化的程度与速率，《第三次评估报告》提供了一个以情景为基础 的未来大气中温室气体浓度、温度、降水和海平面的全球和区域变化模式及速 率、以及极端气候事件变化的新的预测。**同时它也审查了海洋环流和主要大冰原突发的、不可逆转的可能性。(WGI TAR)

WGI TAR

1.5 **《第三次评估报告》评估了气候变化对生态物理与社会经济的影响。**《第三次评估报告》清晰地表达了五个值得关注的理由，涉及到：

- 独特的易受威胁系统的风险；
- 有关极端气候事件的风险；
- 影响的分布；
- 总体影响；
- 大规模、严重影响事件的风险。

在这里极其重要的是对临界阈值可能性的评估，此值表示在响应气候变化中，然和社会经济系统所显示的大规模的、突发性的或者不可逆转的变化。由于没有单一的指标（如一种货币单位）可以捕足到由气候变化引起的相关风险的范围，所以需要多种多样的分析方法和标准来评估影响并促进有关风险管理的决策。(WGII TAR第19章)

WGII TAR 第19 章

[1] 表明需要采取预防性措施的情形如《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）第3.3条所描述。

[2] 有关某一事件的风险在大多数情况下都简单定义为该事件的概率与其后果大小的乘积。不同的决策框架能有助于促进气候风险的评估和管理，这当中包括：成本-效果分析，多因素分析法，可变窗口法。这些技术有助于区分涉及对未来选择的风险水平，但是在所有情形下，这种分析都有明显的不确定性标记。

1.6 **关于对付气候变化的战略，《第三次评估报告》对采取减缓措施实现将大气中的温室气体浓度稳定在不同水平的潜力进行了评估，并提供了有关适应性措施如何能够减少脆弱性的信息。**在两个方向进行了因果分析。不同的稳定水平起因于不同的排放情景，而后者又与基本的发展道路紧密相关。反过来，在所有地区，这些发展道路又强烈影响着适应能力。这样，适应和减缓战略与气候系统的变化以及生态系统的适应性、粮食生产和可持续的经济发展前景是一种动态的关联。(WGII TAR 第18章和WGIII TAR 第2章)

WGII TAR 第18章 & WGIII TAR 第2章

1.7 **气候变化的一个综合观点是考虑横贯所有相关部门的因果链的完整循环的动态过程。**图1-1表明了这个循环是从人口、经济、技术和管理方式等基本的驱动因子开始，经过温室气体和其他排放、自然气候系统的变化、生物物理与人类影响，到适应与减缓，再反馈到驱动因子。该图对一种理想的“综合评估框架”给出了一种概念性的示意，在这种循环中，气候变化问题的所有部分都相互作用，某一部分的变化会通过多种途径以动态的方式影响其他部分。《第三次评估报告》提供了涉及图1-1所有四个象限新的与政策相关的信息和证据，尤其是通过探索不同的发展道路与其温室气体排放量之间的关系，以及在有关适应与减缓选择与发展道路之间关联性方面所作的初步工作，为填补图中右侧象限底部空白做出了新的贡献。然而，由于现有认识尚欠完整，《第三次评估报告》并没有形成一种完整的气候变化综合评估。(WGII TAR 第1和19章，WGIII TAR 第1章，和SRES)

WGII TAR 第1 & 19章, WGIII TAR 第1章, & SRES

1.8 **气候变化的决策制定从本质上说是一个在普遍存在不确定性下的渐进过程。**决策的制定必须处理包括非线性风险和/或不可逆转变化在内的不确定性，需要平衡其他行动不足或过度所带来的风险，也包括对可能出现的后果（环境与经济）、这种后果出现的可能性以及社会对风险的态度进行仔细考虑，而后者很可能随国家和世代的不同而发生变化。相关的问题是“对于在较短的时间内给出预期的长期气候变化及其伴随的不确定性，什么是最佳的进程”。(WGI TAR，WGII TAR 和WGIII TAR 第10.1.4节)

WGI TAR, WGII TAR, & WGIII TAR 第10.1.4节

1.9 **气候变化影响只是如此复杂的社会、经济和环境子系统之间的相互作用并形成可持续发展前景巨大问题中的一部分。**存在着多重关联，经济发展影响生态平衡，反过来经济发展也受生态系统状况的影响；贫困既可能是环境退化的结果也可能成为环境恶化的原因。高物耗和能耗的生活方式、由不可再生资源支撑的持续高消费水平以及人口的快速增长不见得与可持续发展道路相一致。在群体内和国家之间社会经济的极端不公平可能破坏社会凝聚力，而这种凝聚力可以促进可持续发展并能使政策响应更为有效。同时，出于非气候原因而作出的社会经济和技术政策决策，对气候政策、气候变化影响以及其他环境问题也具有显著的意义（见问题8）。另外，临界的影响域值和气候变化影响的脆弱性都直接与环境、社会经济条件和制度能力相关。(WGII TAR)

WGII TAR

1.10 **因此，只有当气候政策纳入到更为广泛的、旨在实现更加可持续的国家和区域发展道路的战略设计中时，这种气候政策的效果才能够得到加强。**出现这种情

WGIII TAR 第10.3.2节

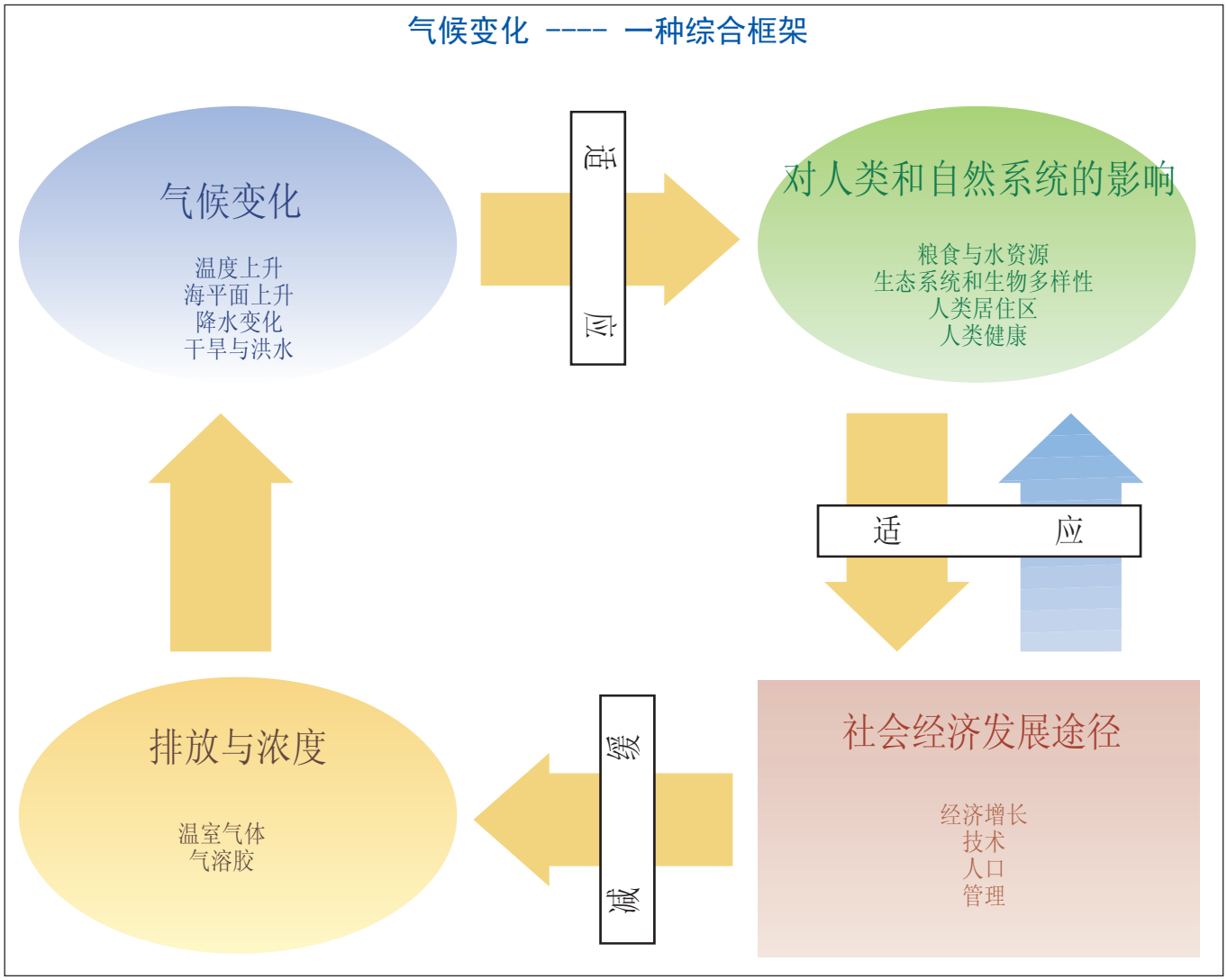


图1-1： 气候变化 — 一种综合框架。考虑人为气候变化的一种综合评估框架的示意性简图，图中的黄色箭头表示图中四个象限因果之间完整的顺时针循环，而蓝色箭头表示对气候变化影响的社会响应。在排放情景特别报告中探讨的包括发达国家和发展中国家的每一种**社会经济发展道路**，都有引起温室气体、气溶胶和前体物排放的驱动因子，其中二氧化碳是最重要的温室气体。**大气中温室气体排放量的累积、浓度的改变以及自然平衡的扰乱**，取决于诸如太阳辐射、云的形成和和降雨等物理过程。气溶胶同时也造成危害人类和自然系统（图中没有标出）的大气污染（如酸雨），其加强的温室效应将在未来**改变气候**，并对**自然和人类系统产生相应的影响**。在这些系统的变化与气候之间存在着某种反馈的可能性（图中没有标出），如改变土地利用或其它方式所造成的反射效果，可能在这些系统和大气排放量之间产生巨大的交互作用[例如土地变化的效果（图中也没有表示）]。这些变化最终将对社会经济发展道路产生影响，发展道路（由发展框通过逆时针箭头方向表示）也对自然系统产生直接的影响，例如土地利用的改变所导致的毁林。该图说明了在动态循环中已经存在的气候变化问题的各种尺度，都具有明显的时间延迟特点。例如，排放量和影响都以复杂的方式与根本性的社会经济和技术发展道路相关。《第三次评估报告》的一个主要贡献就是通过探索不同的温室气体排放量与发展道路之间的关系（排放情景特别报告），以及在有关适应与减缓选择与发展道路之间关联性所作的初步工作，清晰地考虑了图中右边底部的领域（第二和第三工作组）。然而，由于并没有将循环中所有组成部分系统地联系起来，《第三次评估报告》并没有实现一个完整的气候变化综合评估。适应和减缓是以改变图中所示结果的形式表示。

况是由于自然的气候变动和变化的影响、气候政策响应及其相应的社会经济发展将影响一个国家实现可持续发展目标的能力。同时，对这些目标的追求也会反过来影响气候政策成功的机会，尤其是不同发展道路的社会经济和技术特点将强烈影响排放量、气候变化的速率和程度、气候变化影响、适应能力和减缓气候变化的能力。《排放情景特别报告》（见专栏3-1）勾画了具有不同特点各种各样、朦朦胧胧的未来世界，每一种情景对未来气候和气候政策都具有非常不同的含意。(WGIII TAR 第10.3.2节)



WGII TAR 第18 章, WGIII TAR 第8, 9, & 10章, & SRES

1.11 **《第三次评估报告》评估了各种减缓和适应选择的时间、机会、成本、效益及其影响的现有信息。**报告表明，无论是一个国家单独采取行动，还是与其他国家合作行动，都存在着既能降低减缓和适应的成本，又能获得有助于实现可持续发展效益的机会。(WGII TAR 第18章和WGIII TAR第8, 9和10章, 及SRES)

问题2

自从前工业化时期以来，地球气候变化的证据、原因和后果是什么？

a. 前工业化时期以来，地球气候在区域或全球尺度上发生变化了吗？如果是，在观测到的变化中，哪些（假设有）是人类影响造成的？哪些（假设有）可以被归结为自然现象？这种原因判别的基础是什么？

b. 前工业化时期以来，特别是过去50年，气候变化对环境、社会、经济的影响怎样？

2.1 答案聚焦于传统的气候参数观测（如：温度、降水、海平面以及极端事件包括洪水、干旱、风暴）、其它地球气候系统成分（如：温室气体和气溶胶、生态系统）、以及人类健康和社会经济方面。在IPCC报告中，气候变化表示统计上显著的、一般持续几十年或更长时期的变化。它不仅包括全球表面温度缓慢持续上升，也包括突发天气事件频率和强度的变化。因此这里的讨论包含所有时间和空间尺度的气候-天气变化，从生命短暂的强风暴，到季节性的厄尔尼诺、年代际干旱、以及温度和雪盖的世纪变化。尽管目前认为短期气候变化主要是自然的，但它们仍在此予以讨论，因为它们代表了一类变化，这类变化在未来人类活动干预的气候条件下可能变得更普遍（问题4）。这里使用的原因判别方法是对检测到的具有确定信度水平的变化建立最可能原因的过程。讨论既包括可以归因于人类影响的气候变化，也包括当前是自然原因引起的、但在未来可能归因于人类影响的气候变化（见框3-1）。

2.2 **前工业化时期以来，地球气候系统在全球和区域尺度上出现了可以证实的变化，其中部分变化可归咎于人类影响。**

2.3 **人类活动引起的温室气体和气溶胶排放继续按预期影响气候的方式改变着大气（见表2-1）。**

WGI TAR 第 3 & 4章, & SRAGA

2.4 **由于人类活动，20世纪内大气温室气体浓度及其辐射强迫一般已经增加。**几乎所有种类的温室气体浓度在20世纪的90年代达到最高，而且还在继续上升（图2-1）。大气中的CO_2和CH_4在过去420,000年间的冰期-间冰期循环中发生了显著变化，然而，即使早期记录中的最大浓度也比目前大气中的浓度小得多。就人类活动排放的温室气体所引起的辐射强迫而言，CO_2和CH_4分别是第一、第二位最重要的。从1750年到2000年，CO_2浓度增加了31±4%，CH_4浓度上升了151±25%（框2-1，图2-1）。这种增加的速率是空前的。化石燃料燃烧排放在20世纪80年代平均为5.4Gt C/yr, 到90年代增加至6.3Gt C/yr。九十年代，大约四分之三的CO_2浓度增加是由化石燃料燃烧造成的，包括砍伐森林在内的土地利用变化导致了余下的部分。整个19世纪和20世纪的大部分时间，生物圈是大气CO_2的一个净源，但是在20世纪90年代它变成了一个净汇。CH_4的增加从能源利用、家畜养殖、种植水稻及垃圾处理场的排放可以识别。其他温室气体，特别是第三位最重要的对流层臭氧，其浓度的增加是由于化石燃料燃烧及其它工业和农业直接排放造成的。（WGI TAR 第3和4章，及SRAGA）

框 2-1 信度和可能性描述。

在适当时候，《第三次评估报告》的作者们给出了信度水平，用以代表他们对于一个结论有效性的集体判断。这种判断是基于观测证据、模拟结果及其他们所检验的理论。以下在整个TAR综合报告中使用的描述性词语与第一工作组的发现有关：事实上是确定的（结果真实的机率大于99%）；很可能的（90-99%机率）；可能的（66-90%机率）；中度可能的（33-66%机率）；不可能的（10-33%机率）；很不可能的（1-10%机率）；极端不可能的（机率小于1%）。明确的不确定性范围（±）是一个可能的范围。与第二工作组的发现有关的信度估计办法是：很高（95%或更大），高（67-95%），中（33-67%），低（5-33%），很低（5%或更小）。第三工作组没有对其发现给出信度水平。

WGI TAR SPM & WGII TAR SPM

表 2-1 20世纪地球大气、气候和生物系统的变化。[a]

指标	观测到的变化
浓度指标	
大气CO_2 浓度	1000年到1750年280ppm，2000年368ppm（增加31±4%）。［WGI TAR 第3章］
陆地生物圈CO_2交换	1800年到2000年积累源大约30 Gt C；但是在90年代，净汇大约为 14±7 Gt C。［WGI TAR 第3章 & SRLULUCF］
大气甲烷浓度	1000年到1750年700ppb，2000年1750ppb（增加151±25%）。［WGI TAR 第4章］
大气氧化亚氮（N_2O）浓度	1000年到1750年270ppb，2000年316ppb（增加17±5%）。［WGI TAR 第4章］
对流层臭氧浓度	从1750年到2000年增加35±15%，各地区不同。［WGI TAR 第4章］
平流层臭氧浓度	从1970年到2000年下降，各经度和纬度不同。［WGI TAR 第4章 & 6章］
大气HFCs，PFCs和SF_6浓度	近50年全球性增加。［WGI TAR 第4章］
天气指标	
全球表面平均温度	在20世纪增加了0.6±0.2℃；陆地表面温度上升大于海洋（非常可能）。［WGI TAR 第2.2.2.3节］
北半球表面温度	20世纪的升温大于过去1000年以来任何世纪，90年代是过去1000年以来最热的十年（可能）。［WGI TAR 第2ES章 & 第2.2.2.3节］
地面温度日差	陆地温度1950年到2000年下降，夜间最低温度的上升速度是白天最高温度上升速度的两倍（可能）。［WGI TAR 第2.2.2.1节］
炎热日数/热指数	上升（可能）。［WGI TAR 第2.7.2.1节］
寒冷/霜冻日子	20世纪几乎所有陆地区域都下降（非常可能）。［WGI TAR 第2.7.2.1节］
陆地降水	20世纪北半球增加了5%－10%（非常可能），虽然在一些地区有所下降，如北非和西非，以及地中海的部分地区。［WGI TAR C第2 ES章 & 第2.5.2节］
严重降水事件	北半球中、高纬地区增加（可能）。［WGI TAR 第2.7.2.2节］
干旱频率和严重性	几个地区夏季变干，干旱增多（可能）。近几十年一些地区如亚洲和非洲的部分地区干旱的频率和强度增加了。［WGII TAR 第10.1.3 & 11.1.2节］

WGI TAR 第 5 & 6章, & SRAGA 第 6章

2.5 **前工业化时期以来由人为温室气体增加引起的辐射强迫是正的（增暖），其不确定性范围较小；来自气溶胶直接影响的辐射强迫是负的（变冷），但较小；而来自气溶胶间接影响（对云和水循环）的辐射强迫可能很大，但没有很好量化。**图2-2表明了从1750年到2000年引起辐射强迫变化的关键的人为和自然因子，其中，其辐射强迫可以量化的因子用宽的彩色柱表示。气溶胶的影响只有一部分被估计，并给出范围。除了大气成分以外的其它因子（太阳辐射和土地利用）也在此表示出。来自大的火山喷发的平流层气溶胶引起重要的、但持续时间短的负强迫（尤其在1880-1920年和1963-1994年时期），但在自从前工业革命时期以来的时间尺度上并不重要，没有在此表示。图2-2中量化因子（温室

表 2-1 20世纪地球大气、气候和生物系统的变化。[a]（续前表）

指标	观测到的变化
生物和物理指标	
全球平均海平面	20世纪平均每年上升1到2mm。［WGI TAR 第11章］
河流和湖泊冰盖持续时间	20世纪北半球中和高纬度地区减少了大约两个星期（非常可能）。［WGI TAR 第2 ES章 & 第 2.2.5.5节, & WGII TAR 第 5.7& 16.1.3.1节］
北冰洋冰盖的范围和厚度	最近几十年夏末到秋初变薄了40%（可能），1950年以来春天和夏天范围减小了10－15%。［WGI TAR 第 2.2.5.5节 & WGII TAR 第 16.1.3.1节］
非极地冰川	20世纪以来大范围内缩小。［WGI TAR 第 2.2.5.4节 & WGII TAR 第 4.3.11节］
雪盖	自60年代全球卫星观测开始，面积减少10%（很可能）。［WGI TAR 第 2.2.5.1节］
永久冻土	在极地、亚极地和山地一些地区解冻、变暖和退化。［WGI TAR 第 2.2.5.3 & 11.2.5节, & WGII TAR 第 16.1.3.1节］
厄尔尼诺事件	在过去20到30年中，与之前100年相比，更频繁、持久和强烈。［WGI TAR 第 7.6.5节］
生长期	在北半球，特别是在高纬度地区，过去40年中每十年大约变长1-4天。［WGII TAR 第 5.2.1节］
植物和动物范围	植物、昆虫、鸟类和鱼类向极地和高海拔移动。［WGII TAR 第 5.2, 5.4, 5.9, & 16.1.3.1节］
繁殖、开花和迁徙	北半球植物开花更早、鸟类抵达更早、繁殖季节日期提前，昆虫出现日期提前。［WGII TAR 第 5.2.1 & 5.4.3节］
珊瑚礁漂白	频率增加，特别是在厄尔尼诺事件中。［WGII TAR 第 6.3.8节］
经济指标	
天气相关的经济损失	过去40年中，经过通货膨胀订正的全球可比损失上升了一个数量级（见Q2 图2-7）。观测的上升趋势部分与社会经济因素有关，部分与气候因素有关。［WGII TAR 第 8.2.1 & 8.2.2节］

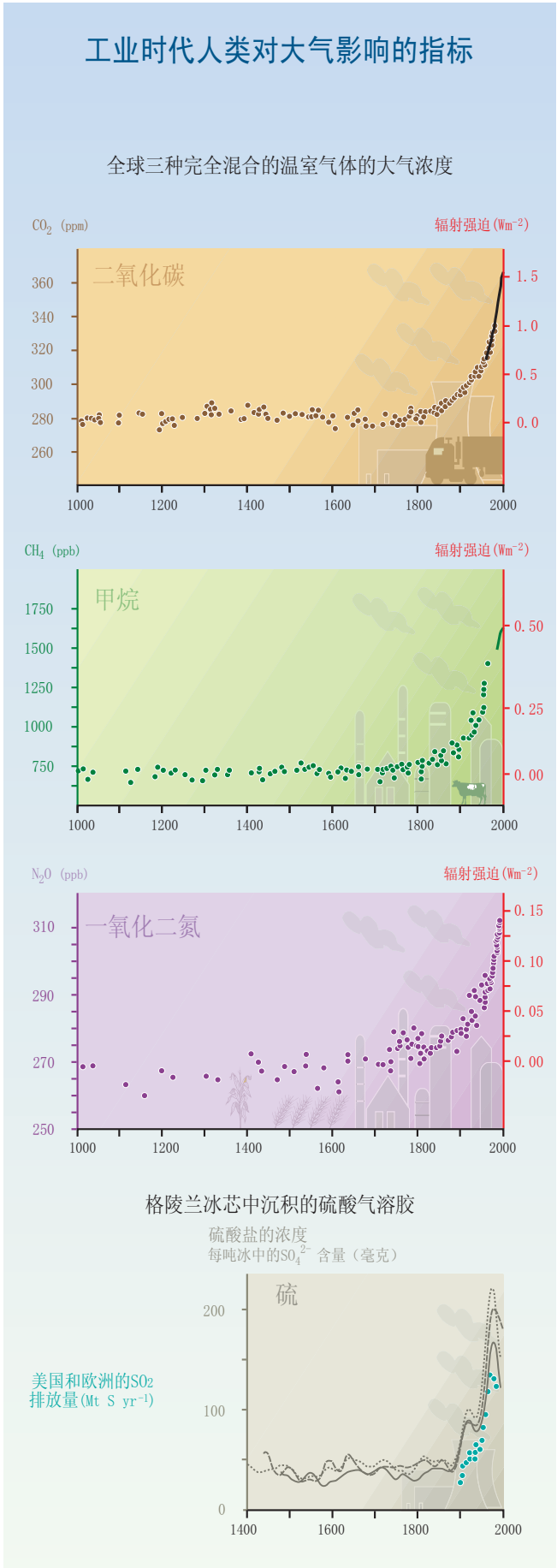
[a] 此表提供了一个观测到的变化的例子，而不是详细的清单。它包括那些可以归咎于人为因素的气候变化，以及可能由于自然变化或人为引起的气候变化所导致的变化。在相关工作组进行过评价的地方，信度水平也予以标出。

气体、气溶胶和云、土地利用（反射率）和太阳辐射）的辐射强迫的总和是正的，但这没有包括来自气溶胶间接影响的潜在上很大的负强迫。自从前工业革命以来总的辐射强迫的变化仍然是估计全球平均表面温度对人类和自然扰动响应的一个有效的工具；然而，总和辐射强迫对于表示潜在气候响应的细节方面（如区域气候变化）不一定同样有效。在20世纪的后一半（未显示），由很好混合的温室气体所引起的正强迫已迅速增加。对比之下，自然强迫的总和在过去的20年、而且可能在过去的40年都是负的。（WGI TAR第5和6章，及SRAGA第6章）

2.6 **不断增加的观测结果全面描述了变暖的世界以及气候系统其它变化（表2-1）。**

2.7 **全球平均表面温度在有仪器记录时期的 1860年到 2000年已经增加了。**在20世

WGI TAR SPM & WGI TAR 第 2.2.2, 2.3.2, & 2.7.2 节



WGI TAR 图SPM-2, 3-2b, 4-1a, 4-1b, 4-2, & 5-4a

图2-1：过去一千年的大气成分变化证明温室气体和硫酸气溶胶的迅速上升主要是由于1750年以来的工业增长。上面的三张图显示了过去1000年来CO_2、CH_4、N_2O浓度的增长。从冰雪气泡中获得的早期零星数据（符号）与近几十年连续的大气观测（实线）相呼应。这些气体在大气中混合很好，其浓度反映了全球范围的源的排放。估计的这些气体对气候系统的正辐射强迫被标示在右边坐标上。最底下的图显示了格陵兰冰芯中的硫酸盐浓度（三条线来自三个不同冰芯），它消除了火山喷发造成的不连续的影响。来自SO_2排放的硫酸气溶胶迅速地沉积在表面，没有和大气很好的混合。特别是，格陵兰的硫酸盐沉积的增加被归结于美国和欧洲的SO_2排放（如符号所示），二者在近几十年都显示出下降。硫酸气溶胶产生负辐射强迫。

纪期间增加了0.6℃（见框2-1），很可能介于0.4-0.8℃的信度区间（图2-3）。在仪器记录时期，20世纪90年代很可能是最暖的十年，1998年很可能是最暖的一年。采用北半球的代用资料延长仪器记录显示，在过去的1000年中，20世纪的温度增加可能是任何100年中最大的，20世纪90年代可能是最暖的十年（图2-3）。由于1860年以前的资料不充分，比较南半球近期的增暖与近1000年的变化还无法做到。自1950年以来，海面温度的增加大约是平均地表气温增加幅度的一半。此间，陆地上夜间日最低温度大约平均每十年增加0.2℃，约是相应的白

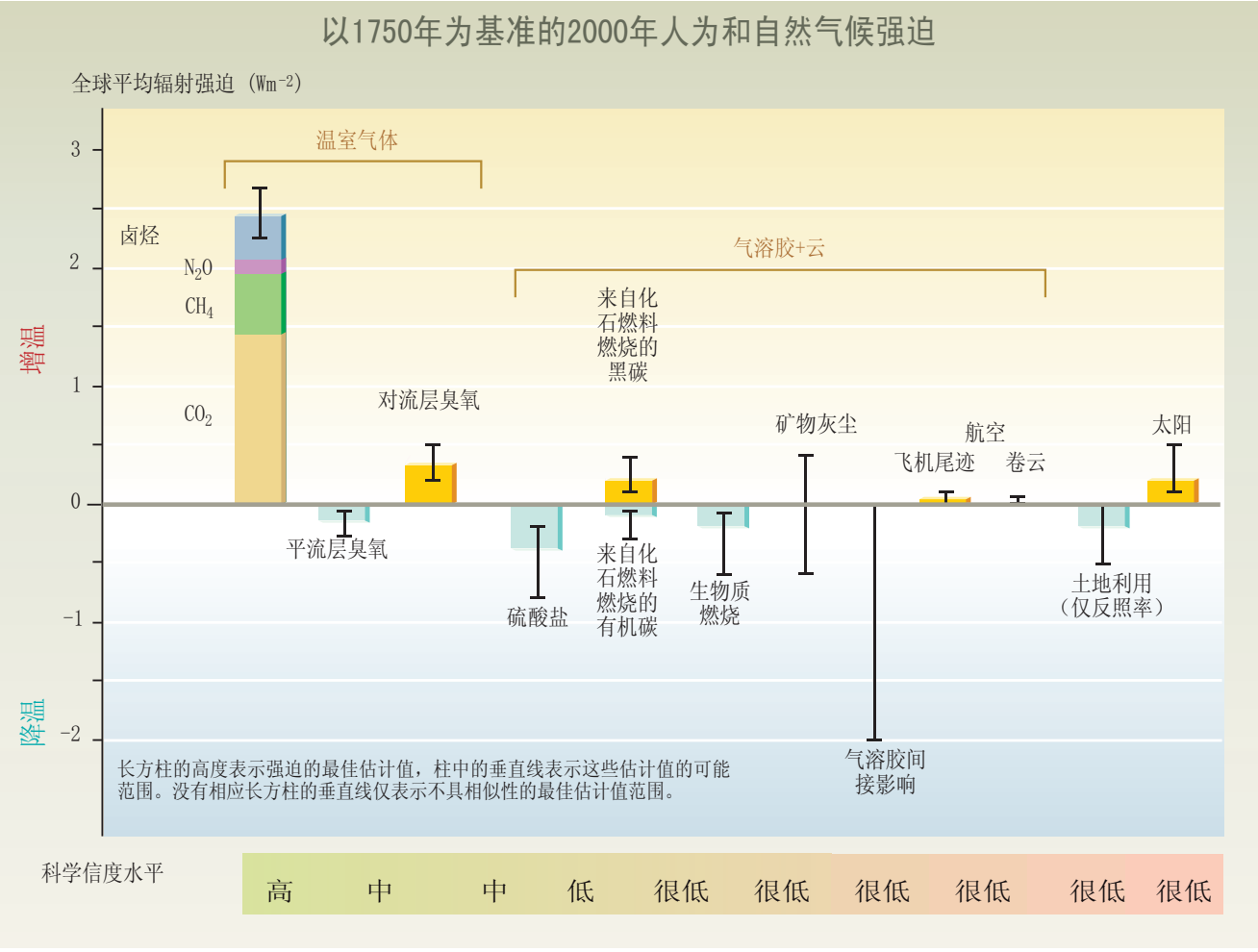


图2-2：外部因子对气候的影响可以通过使用辐射强迫的概念来予以比较。这些辐射强迫产生于大气组成的变化、土地利用导致的反射率改变以及太阳输出的变化等。除了太阳变化，一些人类活动都相互联系。长方柱代表这些强迫的贡献，其中一些引起增暖，另一些引起变冷。造成只几年负强迫的不规则火山喷发的事件没有在此显示。气溶胶对云滴大小和数量的间接影响表示了，但气溶胶的二次间接影响、即对云生命期的影响（也引起负强迫）没有显示。温室气体变化的影响包括在图里。垂直线表示估计的区间，这来自于关于辐射强迫的发表的数据及其对其物理意义的理解。一些强迫比其他的具有大得多的确定性水平。没有长方柱只有垂直线的表示因不确定性太大，无法给出最好估计值。正如所注意到的，对每种类型强迫的整体科学理解水平相差非常大。一些强迫因子在全球混合得很好，比如CO_2，因此干扰全球热平衡。其它的由于其空间分布特点仅代表区域信号扰动。辐射强迫仍然是估计相对气候影响（如相对的全球平均表面温度对辐射扰动的响应）的一个有效工具，但这些全球平均辐射强迫对于表示潜在气候响应的细节方面（如区域气候变化）不一定同样有效。

WGI TAR SPM, WGI TAR
第 6章 ES, & WGI TAR
图 SPM-3 & 6-6

天最高气温增加率的两倍。这些气候变化已经加长了许多中高纬地区的无霜期。(WGI TAR SPM和WGI TAR第2.2.2, 2.3.2和2.7.2节)

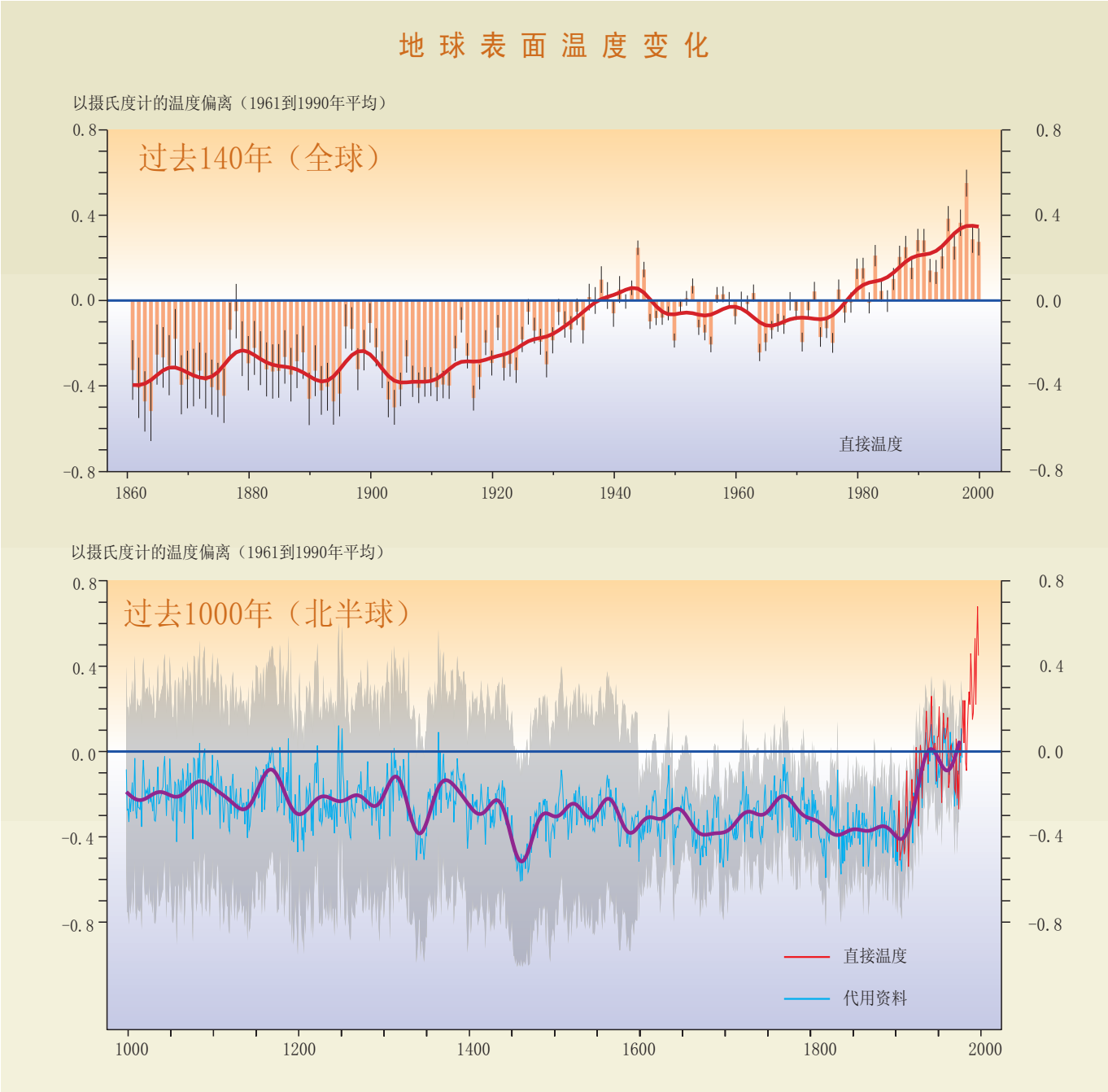
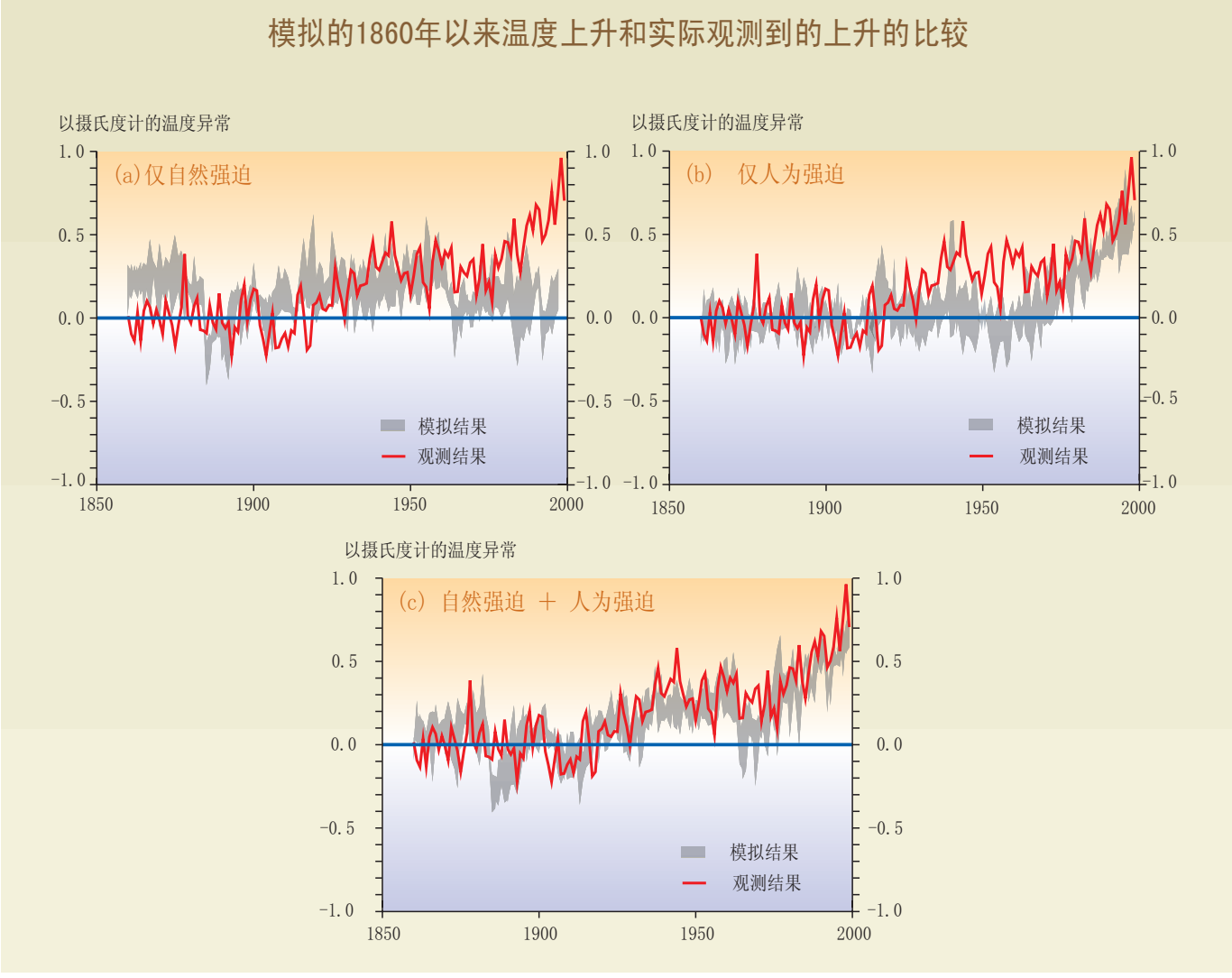


图2-3：在直接的温度测量时期，地表温度上升了大约0.6℃（1860-2000，上图）。这种增暖是空前的，至少就基于北半球过去1000年的代用温度资料分析来说是如此（下图）。上图中显示了逐年全球平均表面温度距平（红柱，细黑线条表示很可能的波动范围）以及约每十年的全球平均表面温度距平（连续的红线）。分析考虑了资料间断、随机仪器误差和不确定性，以及在海面温度资料误差订正和陆地上城市化影响订正等方面的不确定性。下图合并了北半球的代用资料（逐年为蓝线，很可能的波动范围为灰带，50年平均以紫线表示）和直接温度测量（红线）。代用资料包括树木年轮、珊瑚、冰芯和历史记录，这些资料已经用温度计资料做过校准。要估计南半球这样长的温度变化，资料还不充分。

WGI TAR 图SPM-1, 2-7c, & 2-20

WGI TAR SPM & WGI TAR 第 2.2.4节

2.8 **从1950年到2000年，全球大气最低层8公里的温度大约每10年增加0.1℃，这和地表气温变化相似。**在1979-2000年时期，对于北美（0.3℃每10年）和欧洲（0.4℃每10年），卫星和探空气球测量显示的地表与低层大气增温几乎完全相同，但在某些地域特别是热带地区存在显著的差异（地表每10年+0.1±0.1℃，而低层大气每10年-0.06±0.16℃）。地表和低层大气的温度受到诸如平流层臭氧耗损、大气中气溶胶以及厄尔尼诺现象等因素的不同影响。另外，空间采样技术也可以解释一些趋势上的差异，但这些差异还没有完全被解决。（WGI TAR SPM 和WGI TAR第2.2.4节）



WGI TAR 图 12-7

图2-4：模拟地球的温度变化，并且把结果与观测的变化做比较，可以了解重要变化的原因。气候模式可以被用来模拟起源于自然和人为因素的温度变化。（a）中条带代表的模拟是仅用自然强迫算出来的（太阳变化和火山活动）。（b）中条带所包裹的模拟值是用人类强迫算出的（温室气体和硫酸气溶胶的估计）。（c）中的则是把自然和人类因子都包括后算出的。可见，包括了人为强迫可能解释了过去一个世纪温度变化的主要部分，但与观测吻合最好的是出现在（c）内的结果，即当把人为和自然强迫因子都包括进去的时候。这些结果说明，所包括的强迫对于解释观测到的变化是充分的，但并不排除其它强迫可能也发生作用的可能性。用其它模式加人类强迫获得了相似的结果。

2.9 **有新的、更强的证据表明，过去50年观察到的大部分增暖现象可以归咎于人类活动。**

2.10 **观测到的整个20世纪的增暖不可能完全是自然起因的。**过去100年地表温度的增加仅由系统内部变率引起是很不可能的。过去1000年的重建气候资料也显示，20世纪的增暖是反常的，不可能仅仅由自然强迫引起；也就是说，火山喷发和太阳辐射的变化不能解释20世纪后半段的增暖（图2-4a），但他们可能对观测到的20世纪前半段的增暖有影响。

WGI TAR SPM & WGI TAR 第 12章

2.11 **从新近的证据并考虑到存在的不确定性，过去50年观察到的增暖大部分可能是由温室气体浓度增加引起的。**尽管由于人为硫酸气溶胶和自然因子（火山和太阳辐射）引起的辐射强迫还存在不确定性，检测和原因判别研究（包括作为人为强迫的温室气体和硫酸气溶胶）一致发现过去35-50年气候记录中的人为信号证据。这段时期中，硫酸气溶胶和自然强迫是负的，不可能解释同期的增暖（见图2-4a）；而多数研究发现，在过去的50年，仅仅由于温室气体增加引起的增暖的速率和幅度同观测的一致，或比后者略大（图2-4b）。而在1860-2000年记录时期，当把上述人为和自然因素结合起来时，可以发现研究结果与观测吻合得最好（见图2-4c）。这个结果不排除其它强迫因素也产生作用的可能性。而且，一些人为因子（如有机碳、黑碳（煤烟）、生物气溶胶、土地利用的某些变化）没有在这些检测和原因判别研究中采用。对这些人为强迫大小和地理分布的估算差异很大。

WGI TAR SPM & WGII TAR 第 4.3.11节

2.12 **海平面、雪盖、冰面积和降水的变化与地球表面变暖的气候是一致的（见表2-1）。**这些变化中一些是属于区域性的，同时可能是由于内部气候变率、自然强迫或区域性人类活动，而不能单单归咎于全球性的人类影响。

WGI TAR 第 2.2.2.5, 11.2, & 11.3.2 节

2.13 **20世纪的增暖很可能是观测到的全球平均海平面升高和海洋热容量增加的重要原因。**全球变暖通过海水热膨胀和广泛的陆冰减少促使海平面升高。基于验潮仪记录，经过陆地运动订正，20世纪海平面平均每年升高1-2毫米。有几个长期记录表明，19 世纪上升幅度更少些（见图2-5）。在目前的不确定性范围内，观测和模式均未表明20世纪海平面变化的加速。观测到的20世纪海平面升高速率与模式计算结果一致。全球海洋热容量从1950年代后期开始增加，这段时间有足够的次表层海温观测资料。

WGI TAR 第 2.2.5 节

2.14 **雪盖和冰面积减少了。**从1960年代后期开始，北半球平均雪盖范围很可能已减少了约10%（主要通过北美和欧亚大陆春季的变化），北半球中高纬度湖、河的年结冰期在整个20世纪很可能减少了约2个星期。非极地地区的山岳冰川在20世纪也普遍退却。北半球春、夏海冰覆盖面积从1950 年代到2000年可能减少了约10-15%，北冰洋夏末、秋初的海冰厚度在20世纪的最后30年可能减少了约40%。尽管在全球变暖的同时，整个南极海冰覆盖从1978年到2000年没有变化，90年代南极半岛的区域性变暖确与 Prince Gustav 冰架和部分Larsen冰架的崩解同步，但是这些冰架损失的直接影响很小。

2.15 **北半球大陆多数中高纬地区降水在20世纪很可能增加了5-10%。**与之相反，许多副热带地区平均降水可能减少了3%（见图2-6a）。由于大气环流的变化、更加活跃的水循环和整个大气中水容量的增加，全球表面温度的升高很有可能引起了降水和大气中水汽的变化。在20 世纪后半叶，北半球中高纬地区的暴雨事件频率可能增加了2-4%。在20 世纪，经历严重干旱或水涝的陆地面积略有增加，但多数地区这些变化决定于年代际或多年代际的气候变率，在20世纪没有明显的趋势。

WGI TAR 第 2.5, 2.7.2.2, & 2.7.3节

2.16 **气候的其它重要方面也发生了变化（见表2-1）。**

2.17 **20世纪陆地和海洋表面发生了持续的、大范围的变暖，北半球中高纬度的大陆地区温度增加最大。**从1976到2000年，陆表温度相对海面温度增加较快（见图2-6b），这同观测的自然气候变率如北大西洋和北极的气候振荡相一致，也和模拟的温室气体增暖分布型一致。正如后边所描述的，区域增暖与观测到的生物系统变化之间存在统计上显著的关联，这在各大洲的淡水、陆地和海洋环境

WGI TAR 第2.2.2, 2.6.3, & 2.6.5节, & WGII TAR 第 6.3节

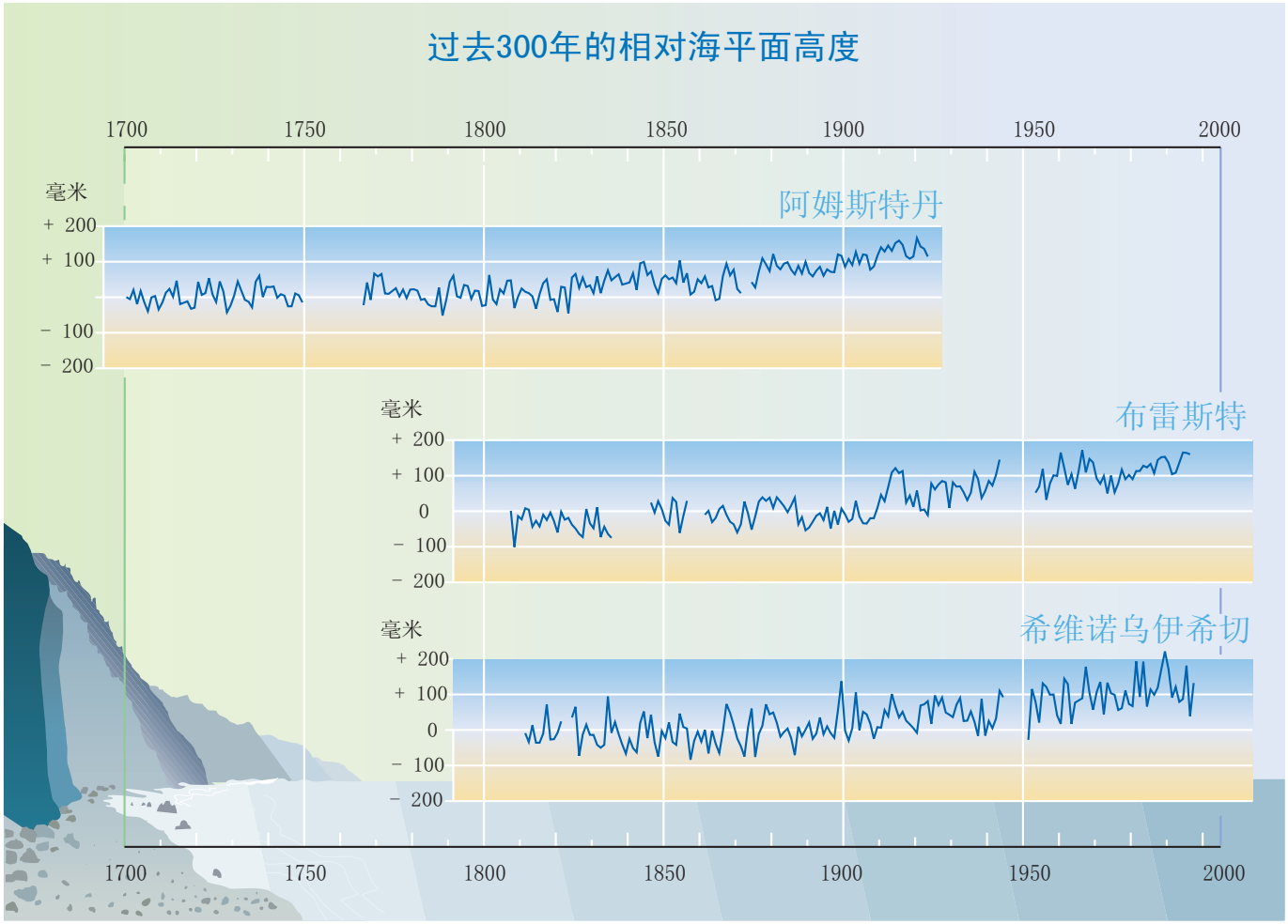


图2-5：欧洲有限站点有近300年的海平面高度的连续记录，表明20世纪海平面上升最快。来自荷兰阿姆斯特丹、法国布勒斯特、波兰希维诺乌伊希切和其它地区的记录证实，与19世纪相比，20世纪海平面加速升高。

WGI TAR 图11-7

方面均得到证实。（WGI TAR第2.2.2,2.6.3和2.6.5节,及WGII TAR第6.3节）

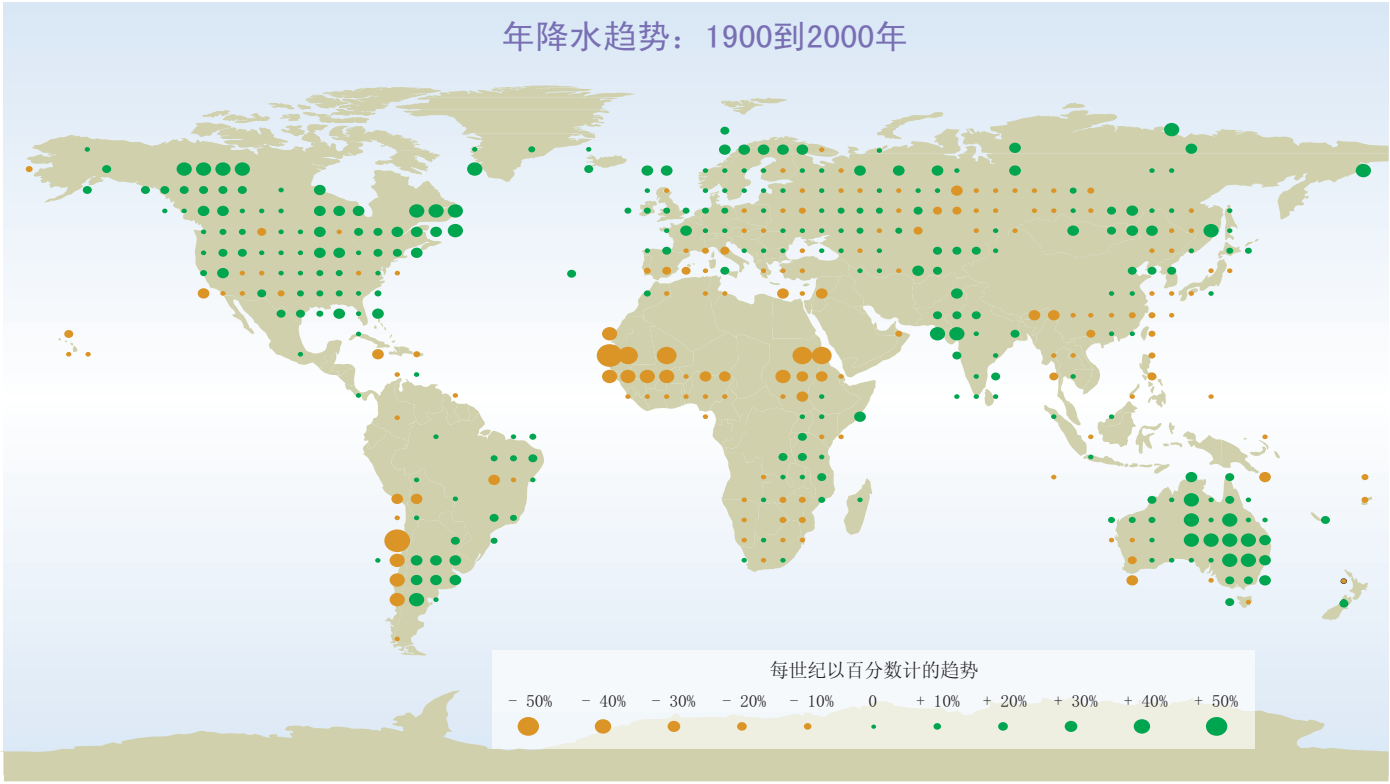
2.18 **与前100年相比，从1970年代中期以来，厄尔尼诺-南方涛动（ENSO）现象的暖位相变得更加频繁、持久和强烈。**ENSO一贯影响热带、副热带和一些中纬度地区的降水和温度的区域性变化。然而，对一个更暖的地球是否会使厄尔尼诺更加频繁，模式显示不明显。（WGI TAR第2.6.2节）

WGI TAR 第 2.6.2节

2.19 **气候上的一些重要方面未显示有变化。**最近几十年全球有几个地区没有增暖，这主要发生在南半球各个大洋的部分地区和南极洲的部分地区（见图2-6b）。从1978年有可信的卫星观测数据开始，南极海冰覆盖基本保持稳定，甚至还有增加。对有限地区的研究表明，当前的分析还不能得出有关风暴活动或龙卷风、雷暴日数或冰雹事件频率变化的可靠结论。此外，对于热带和热带以外气旋以及中纬度严重局地风暴强度变化，由于资料不充分和结论相互矛盾，也无法进行评估。（WGI TAR第2.2.2, 2.2.5和2.7.3节）

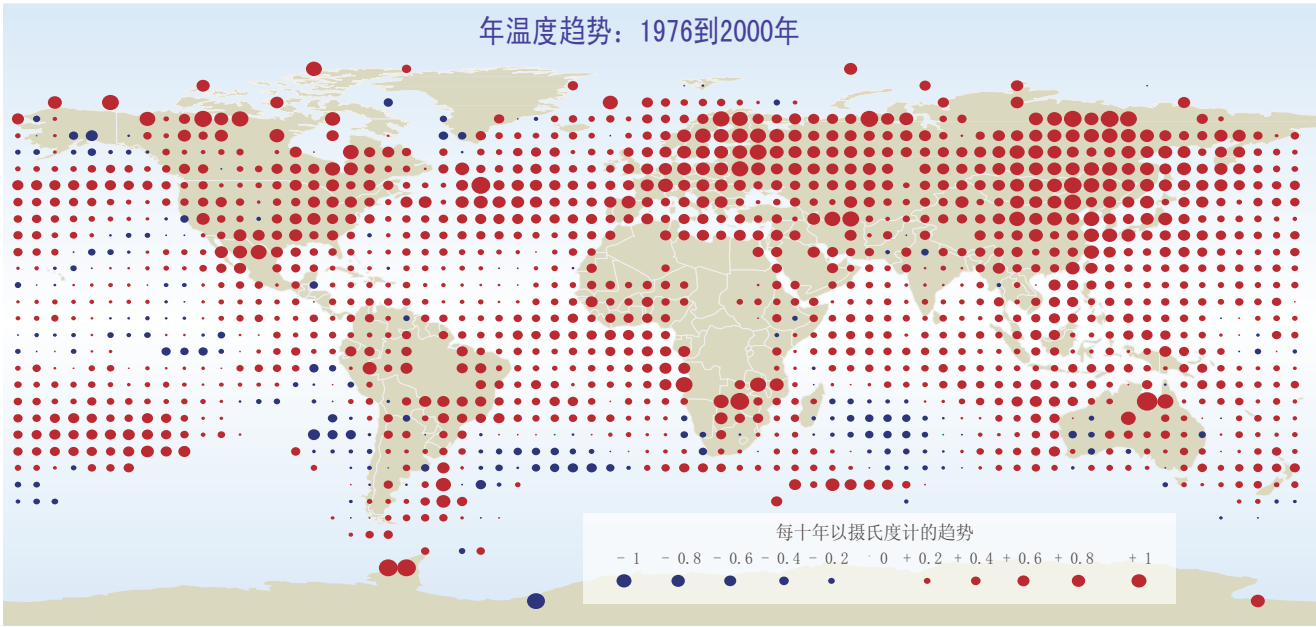
WGI TAR 第2.2.2, 2.2.5, & 2.7.3节

2.20 **过去50年区域气候变化对世界很多地区的生物和水文系统具有影响（见表2-1）。**



WGI TAR 图2-25

图2-6a：20世纪，除热带地区外平均而言，陆地上降水增加，而在非洲和南美的沙漠地区减少。尽管记录显示所有增加与温度升高和大气湿度增大一致，各个地区之间降水变化趋势差异很大，同时这种趋势仅在一些大陆地区的20世纪才可获得。在这个时期内，经历严重干旱或水涝的陆地地区存在较小的长期趋势，但在许多地区这些变化决定于年代际或多年代际的气候变率，20世纪的趋势不显著。



WGI TAR 图 2-9d

图2-6b：20世纪的最后25年，陆地和海洋发生了持续的、大范围的变暖，温度增加在北美、欧洲和亚洲的中高纬地区最大。大范围变冷只发生在太平洋、南大洋和南极的部分地区。陆表温度相对海面温度增加较快，这和观测的自然气候变率如北大西洋和北极的气候振荡相一致，也和模拟的温室气体增暖分布型一致。如文中所述，一些地区增暖与观测到的所有大陆上的生物系统变化有关。

WGII TAR 第 5.4, 5.6.2, 10.1.3.2, 11.2, 13.1.3.1, & 13.2.4.1,节 & WGII TAR 图 SPM-1

2.21 **20世纪，区域气候变化特别是温度增加对生态系统有可觉察的影响。**在世界许多地方，观测到的人为或自然的生态系统[3]变化，在各种各样的地点具有连贯性，并且与预期的区域性温度变化的影响在方向上一致。观测的与期望的变化方向相同这一事实会随机发生的可能性很小。例如，这种系统包括物种分布、种群大小、繁殖或季节迁涉事件的时间。这些观测显示，区域性气候变化是作用显著的一个因子。在扰动的类型（如火灾、干旱、风灾）、强度和频率等方面，也有一些观测到的变化，这可能与区域气候变化（人为或自然的）和土地利用实践的影响有关。反过来，这类变化也影响生态系统的生产力和物种的组成，尤其是在高纬和高山地区。病虫害爆发频率也发生了变化，尤其是在森林系统中，这也同气候变化有联系。在非洲的一些地区，从1970年开始，区域气候变化（ENSO、萨赫尔干旱）和人为压力的共同作用已经使谷类作物减产。变暖也有一些正面作用，例如从1959到1993年，欧洲的生长季延长了约11天，冬季用于取暖的能耗也减少了。

WGI TAR 第 2.2.2.2 节 & WGII TAR 第 6.4.5 & 17.2.4.1节

2.22 **升高的海面温度对珊瑚礁有不利影响。**在过去的几十年中，多数热带海洋都记录了海面温度的升高。尽管经常有一部分会逆转，当海面温度升高1℃时，许多

[3] 有44个区域研究，覆盖400多种植物和动物，时间长度在20-50年之间。主要区域包括北美、欧洲和南极地区。16个区域的研究包括了约100个物理过程，时间长度变化在20到150年。

珊瑚还是经历了严重漂白事件，而且这在任何季节都会发生；若温度升高3℃，珊瑚就会大面积死亡。这是厄尔尼诺发生时的典型事件，并由于海面温度的升高趋于严重。这些漂白事件也经常被与海水污染等其它因素联系起来。

2.23 **海洋系统的变化尤其是鱼类种群的变化被认为与大尺度气候振荡有关。**厄尔尼诺对南美和非洲沿岸的渔业产生影响，太平洋的年代际振荡也被联系到北美西岸的渔业减产。

WGI TAR 第 2.6.3 节& WGII TAR 第10.2.2.2, 14.1.3, & 15.2.3.3节

2.24 **已经观测到河流流量、洪水和干旱方面的变化。**区域性气候变化影响水文循环的证据表明，更高的温度会导致水文循环增强。近几十年，在东欧、俄罗斯欧洲部分和北美的许多地区，河流峰值流量已从春季提前到晚冬。某些地区的干旱和洪涝频率增加与气候变化有关。例子包括萨赫尔地区和巴西东北部与南部的干旱、哥伦比亚和秘鲁西北部的洪涝。

WGI TAR 第 2.7.3.3 节, WGII TAR SPM, WGII TAR 第4.3.6, 10.2.1.2, 14.3, & 19.2.2.1节, & WGII TAR 表 4-1

2.25 **初步的证据表明，一些人类系统已经受到近期旱涝增加的影响。天气灾害和气候变异对社会经济造成的损失上升说明对气候变化的脆弱性正在增加（见表2-1）。**

2.26 **极端天气或气候事件引起严重的、不断增加的损失。**极端事件现在是与气候相关影响的主要原因。例如，在1997-1998年的厄尔尼诺期间，出现了严重的生命财产损失和其它环境破坏。气候极端事件和变率成为人们关切的问题。初步分析表明，一些社会和经济系统已经受到最近增加的洪水和干旱的影响，灾害性天气引起的损失明显增加。因为这些系统也受社会经济因子如人口和土地利用变化的影响，定量确定气候变化（人为的或自然的）和社会经济因子的相对影响是困难的。例如，全球与灾害性天气相关的直接损失，订正通货膨胀后，从20世纪50年代到90年代升高了一个数量级（见图 2-7），并且非灾难性天气事件的损失也同样增加了。尽管对灾害的准备普遍加强，与天气有关的灾害性事件数量的增加比与天气无关的灾害性事件的增加快了3倍。这种观测的增加趋势有一部分是和社会经济因子有关（如人口增加、增长的财富、脆弱地区的城市化等），但部分也和区域气候因子有关（如降水变化和洪水事件等）。

WGII TAR SPM & WGII TAR 第 8.2 & 14.3节

2.27 **由保险偿付的与天气有关损失的比例在地区间存在明显差异，**并且气候灾害引起的不均匀的影响产生了发展和公平的问题。亚洲和南美的保险公司只赔偿全部经济损失的5%，非洲的10%，澳洲、欧洲、北美和中美的30%。当只有风暴造成的损失被考虑时，赔偿的比例相当高；而与洪水和作物有关的损失赔偿比例却相当低。平衡损失已经被各国政府以及受影响的个体和组织所采纳。

WGII TAR 第 8.3.3.1 & 8.5.4节

2.28 **已观测到气候对人类健康有影响。**许多通过细菌、食物和水体传播的传染性疾病对气候条件的变化很敏感。经验告诉我们，洪水的增加将增加产生溺水、腹泻、呼吸性疾病、水污染疾病以及发展中国家饥饿和营养不良的风险（高信度）。欧洲和北美的热浪与这些地区都市死亡率增加明显有关，但冬天更暖的

WGII TAR SPM & WGII TAR 第 9.5.1, 9.7.8, 10.2.4, & 13.2.5节

温度也使冬天的死亡率降低。在一些情况下，对人类健康的影响与近来的气候变化明显有关，例如在瑞典，伴随着1980-1994年暖冬频率的增加，暖冬过后壁虱传播的脑炎发病率也增加，而且发病区向北迁移。

2.29 **对气候变化不利影响的认识和了解已引起公众和政府的响应。**

2.30 **作为观测的和预计的气候变化一个结果，近十年里社会经济和政策的响应已经出现。**这些包括：刺激再生能源市场；由于关注气候变化而开展的提高能源利用效率计划；把气候政策融合进更宽广的国家政策中；几个国家收取碳税；一些国家采取国内温室气体排放贸易制度；国家和国际上与企业达成提高能效或减少温室气体排放的自愿协议；创建碳交易市场；公众和政治力量对公共事业通过新能源政策减少和降低碳排放的支持；工业创新体系以降低碳排放；建立

WGIII TAR 第 3.2, 3.4-5, 3.8.4, 6.2.2, 6.3.2, & 9.2.1 节

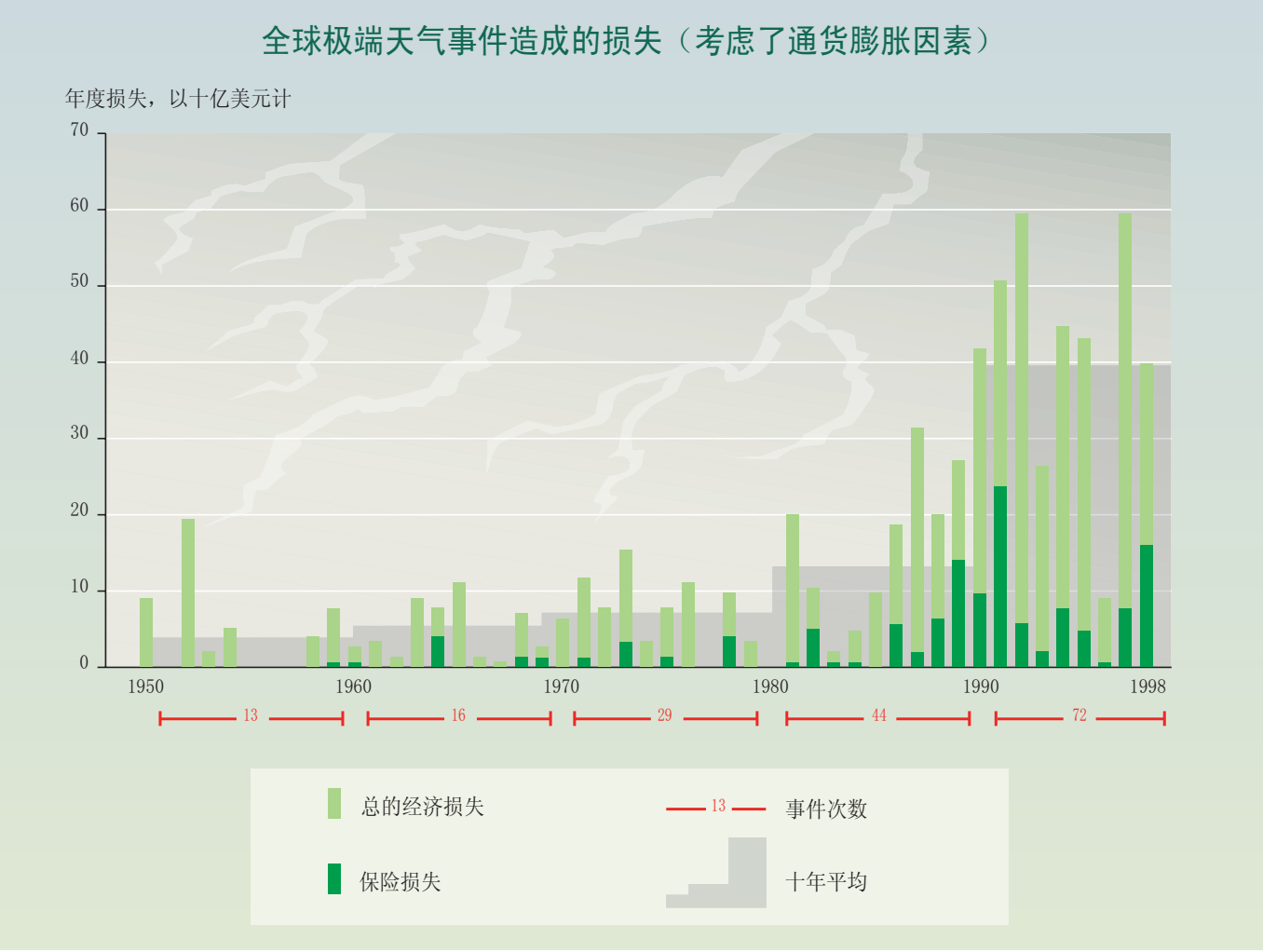


图2-7：从20世纪50年代到90年代，灾害性天气事件造成的全球经济损失升高了10倍（订正了通货膨胀），比用简单的通货膨胀来计算要快得多。到20世纪90年代，这些损失中被保险部分的比例从过去可忽略的水平上升到23%。小的非灾难性天气相关事件（这里不包括）造成的总的损失比较小。在20世纪后半段，与天气相关的损失有一部分被归结于社会经济因素（如人口的增加、增长的财富和脆弱地带的城市化等），但部分也被归结于区域气候因子（如降水变化和洪水事件）。

WGII TAR 图 8-1

旨在帮助发展中国家和最不发达国家减少脆弱性、适应气候变化和开展减缓活动的计划。

问题 3

问题3

在《第三次评估报告》中(TAR)所使用的一系列温室气体排放情景下，目前关于未来25、50和100年的区域和全球的气候、环境以及社会经济的后果(其预测中未考虑政策介入的影响) 所了解的程度?

尽可能地评价：

- 预计的大气浓度、气候和海平面的变化；
- 气候和大气组成的变化对人类健康、生态系统的生物多样性和生产力以及社会经济部门(特别是农业和水)的影响及其经济成本和效益；
- 适应性选择的范畴，包括成本、效益以及挑战；
- 区域和全球尺度上，与影响和适应有关的发展、持续性和平等问题。

3.1 作为《第三次评估报告》(TAR)中气候预测基础的温室气体排放情景，引自《IPCC排放情景特别报告》(SRES)（见框3-1）。由于特别报告中的情景是在《第三次评估报告》之前的较短时间内完成的，因此TAR中不可能包括基于这些情景的影响评价。因此，TAR中的影响评价大多采用的是基于平衡气候变化情景的气候模型的结果（如2×CO_2），相对较少的采用了CO_2以每年1%的浓度递增的瞬变情景，或第二次影响评估报告所采用的情景(例IS92系列)。因此，回答这些问题的关键就是设法将特别报告中涉及的排放情景所预测到的气候变化的影响后果勾画出来。这就必然需要做出多种估计。而且在许多情况下只可能做出定性的结论。对于气候变率变化、极端事件以及突发的/非线性变化的预测在问题4中作了阐述。

WGI TAR 第 3, 4, 5, & 6 章

框 3-1 因人为活动引起的未来温室气体和气溶胶的排放将改变大气，预期在某种程度上影响气候。

气候的变化是气候系统的内部变异与外界因子(包括自然的和人为的)共同作用的结果。由人类活动引起的温室气体和气溶胶的排放会改变大气的组成。未来的温室气体和气溶胶的排放取决于人口、社会经济发展和技术更新等驱动因子的影响，因此具有很大的不确定性。情景是描绘未来可能会怎样的可选择的景象，是分析各种驱动因子如何影响未来排放结果并评估相关的不确定性的一种较为合适的工具。SRES情景的构造是为了更新IS92系列的情景，由六个情景组成，基于一些描述性的情况发展而来，这些情况涉及到这些驱动因子的各个方面（见图3-1）。这些情景似是而非却又相互联系，并认为不存在固有的发生概率。它们是包含人口变化、社会发展和经济发展以及明显的技术进步在内的4个方面(A1B、A2、B1、B2)的组合。两个另外的情景组合，A1FI和A1T，明确探讨了对于A1B可供选择的能源技术发展（见图3-1 a）。温室气体CO_2、CH_4和N_2O、以及能够生成硫酸盐气溶胶的SO_2的排放结果见图3-1 b－3-1 e，其他气体和颗粒也很重要。这些排放引起大气中这些气体和气溶胶的浓度发生变化。SRES排放情景中的浓度变化见图3-1 f－3-1 i 。应该注意，对于在大气中驻留时间较长的气体，如图板中(f)所示的CO_2，大气浓度对其排放的变化反应相对较慢（例，见图5-3）；而在大气中驻留时间较短的气体和气溶胶，如图板中(i)所示的硫酸盐气溶胶，大气浓度的反应就非常快。大气中温室气体和气溶胶浓度变化对气候系统的影响可以用辐射强迫的概念来进行大致的比较，该概念反映某因子在改变地球－大气系统中能量收支平衡作用中的影响程度。如因温室气体浓度增加而产生正的辐射强迫，趋向于使地面变暖；相反地因一些类型的气溶胶增加，如硫酸盐气溶胶，则会引起负的辐射强迫，趋向于使地面变冷。由于嵌板(f)－(i)中的气体浓度增加而引起的辐射强迫示于板(j)。注意，与IS92情景一样，在SRES情景中，所有温室气体和气溶胶排放所形成的组合都使辐射强迫增加。

3.2 在所有的IPCC排放情景下，预测21世纪CO_2浓度、全球平均地面气温和海平面高度都将增加。

3.3 **所有的SRES排放情景都会引起大气CO_2浓度的增加。**对于SRES中列举的六种情景，到2100年，预测的主要人为温室气体CO_2的浓度将达到540～970ppm，而其在工业革命前和2000年却分别约为280ppm和368ppm（见图3-1f）。这些预测包括了陆地和海洋的气候反馈。不同的社会-经济假设（人口、社会、经济和技术），会导致未来不同的温室气体和气溶胶水平更进一步的不确定性，尤其是对于目前汇过程的持久性(碳汇)和陆地生物圈的气候反馈程度，将使每一情景2100年的浓度波动范围达到-10～+30%，因此，总的变化范围为490～1260ppm(比工业革命前的1750年的浓度高75～350%)。

WGI TAR 第 3.7.3.3节

3.4 **SRES列举的六种情景所预测的2100年主要的非CO_2温室气体的浓度变化很大。**多数情况下，A1B、A1T和B1估计出的增加幅度最小，而A1FI和A2最大（见图3-1g和3-1h）。

WGI TAR 第 4.4.5节 & WGI TAR 框 9.1

3.5 **在SRES情景中考虑了人为气溶胶增加或减少的可能性，这主要取决于化石燃料使用的程度和降低污染排放的政策。**正如图3-1i所示，所有列举的六种SRES情景都预测硫酸盐气溶胶的浓度到2100年将低于目前的水平，这将导致与目前相比的相对变暖。另外，预测自然气溶胶（例如海盐、尘粒和排放引起的硫酸盐和碳气溶胶）由于气候变化而增加。

WGI TAR 第 5.5节 & SRES 第 3.6.4 节

3.6 **根据SRES排放情景，不同的气候模式预测认为全球平均地面气温在1990～2100年期间将升高1.4～5.8℃见图3-1k)，约是20世纪观测到的变暖中值的2-10倍。根据古气候资料，预测到的变暖速率至少在最近的1万年内都是史无前例的(见图9-1)。**对于1990～2025年和1990～2050年两个时段，预测将分别增加0.4～1.1℃和0.8～2.6℃。这些结果是基于许多气候模型[4]的所有35个SRES情景的全部范围所预测的温度升高幅度比第二次影响评估报告大。基于6个IS92情景的第二次影响评估报告的温度升高范围是1.0～3.5℃。较高的温度预测和更大的变化范围，主要是由于SRES情景与IS92情景相比预测的SO_2的排放较低，这归因于能源系统的结构变化以及对局地和区域空气污染的重视。

WGI TAR 第 9.3.3节

3.7 **到2100年，基于同一种排放情景的多种气候模型预测得出的表面温度变化范围与用一个简单模型基于SRES不同排放情景预测得出的温度变化范围基本相符。**图3-1表明，SRES情景为最大排放水平时产生的增温值。不确定性增加主要来源于辐射强迫的不确定性。最大的强迫不确定性是硫酸盐气溶胶。

WGI TAR 第 9.3.3节

图3-1：构成SRES情景的不同社会-经济背景导致不同的温室气体和气溶胶不同的排放水平。这些排放反过来改变大气中温室气体和气溶胶的浓度，引起气候系统的辐射强迫的变化。SRES排放情景相应的辐射强迫使得预测的问题和海平面上升，而这种上升反过来会产生各种影响。SRES情景中并没有包含额外的气候本身的内在作用，也没有确定的发生概率。由于SRES是在《第三次评估报告》前校短的时间内完成的，这里所提到的影响评估应用的是基于平衡气候变化情景的气候模式的结果（例如2X CO_2），CO_2以每年1%递增的瞬变情景或第二次评估报告中的情景的应用（例如IS92系列）相对较少。这些气候变化影响反过来也会通过某些行为影响到社会-经济的发展途径，如通过所采用的适应对策或减缓措施等。图形上部的加重部分说明了在探讨气候变化时，变化的各个方面是如何和综合评估框架相联系的（见图1-1）。

WGI TAR 图 3.12, 4.14, 5.13, 9.13, 9.14, & 11.12, WGII TAR 图 19-7, & SRES 图 SPM-2, SPM-5, SPM-6, & TS-10

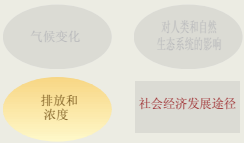
[4] 基于复杂物理基础的气候模式是预测未来气候变化的主要工具。为了明确各种情景的范围，这里用简单的模式作为补充进行校准，以便产生与复杂的气候模式相应的温度和海平面数据。这些预测可用一个简单的气候模式获得，其气候敏感性和海洋热吸收可校准到7个复杂的气候模式中的各个模式。用简单模式中所用到的气候敏感性范围为1.7～4.2℃，这与普遍所接受的1.5～4.5℃的范围基本相符。大气-海洋环流模式（AOGCM）研究认为，和1961～1990年相比，21世纪末（2071～2100）SRES中的A2情景的温度平均升高3.0℃，变化范围为1.3℃～4.5℃，而SRES中的B2情景的温度平均升高2.2℃，变化范围0.9℃～3.4℃。

社会经济情景

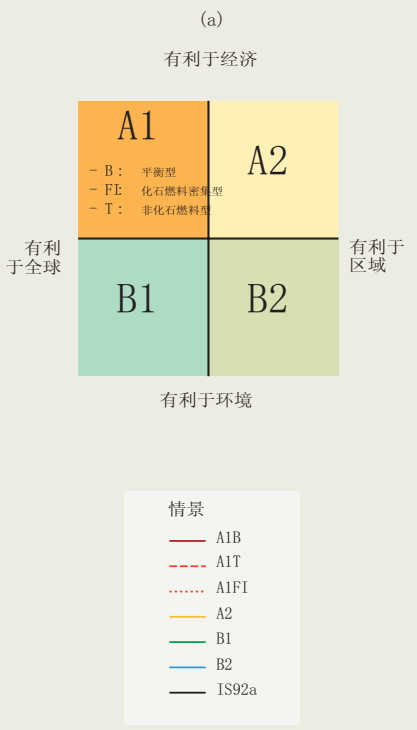
排放

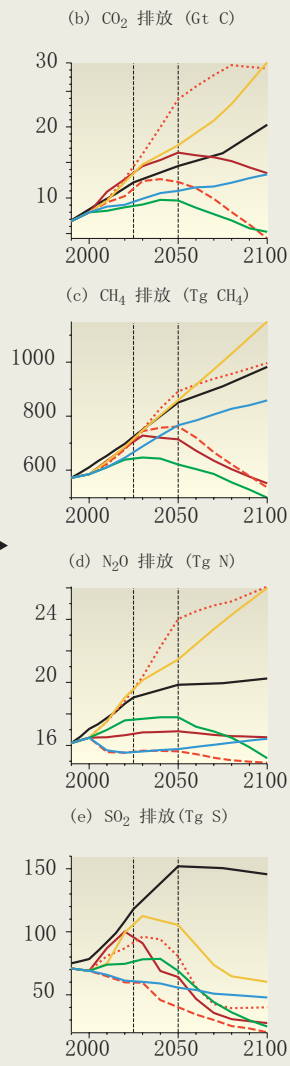
浓度

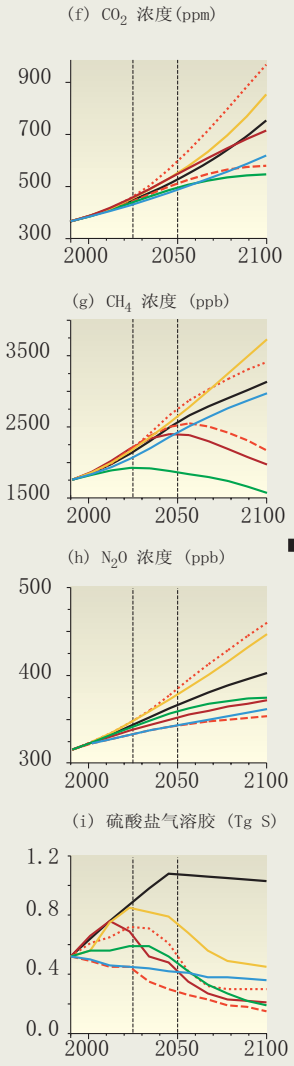












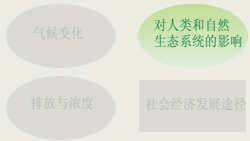
A1FI, A1T , 和 A1B

A1的示意线和情景组合描述了一个经济快速发展的未来世界，全球人口在世纪中叶达到顶峰后开始下降，新的以及更高效的技术被迅速采用。随着区域间人均收入差异的大幅度减小，基本活动主题主要表现为地区间的融合增加，能力建设增强，以及文化和社会间增加的交互作用。A1的情景组群可以形成三个组合，它们描述了能源系统中技术变化的可能方向。三个A1组合可以根据它们技术的侧重点不同加以区别：

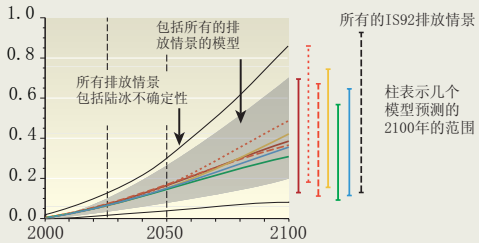
化石能源为主（A1F1），非化石能源（A1T），以及所有资源平衡协调利用（A1B）（平衡协调是指不过分依赖于某一种特定的能源，并能以相似的速率对所有的能源供给和最终利用技术给以更新）。

辐射强迫 温度和海平面变化 关注的理由

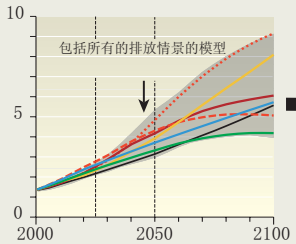




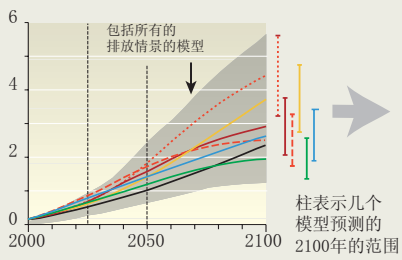
(1) 海平面上升 (m)

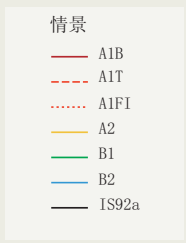


(j) 辐射强迫 (Wm^{-2})



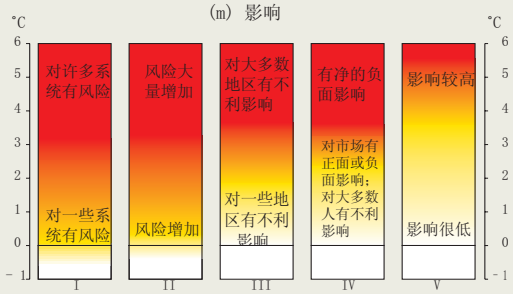
(k) 温度变化 (°C)





关注的理由

(m) 影响



I 对独特和濒危系统的风险
II 极端气候事件造成的风险
III影响的分布
IV 综合影响
V 未来大规模突发事件的风险

A2

A2的示意线与情景的组合描述了一个组成非常不均一的世界，主要主题是自给自足以及地方性的保护。区域之间的生产力非常缓慢地趋于一致，进而导致持续性的人口增长。经济的发展主要是地区主导型的，人均经济的增长和技术更新的变化较其他示意线缓慢且零散。

B1

B1的示意线和情景组合描述了一个趋于一致的世界，在世纪中叶，全球人口达到顶峰后开始下降，这同A1示意线一样；但经济结构趋向于向服务和信息经济方面迅速变化、材料密集程度下降、并且采用了清洁和高效资源技术。强调经济、社会和环境的持续性，包括增加平等性等方面的全球性解决方案，但排除额外的气候行动计划。

B2

B2的示意线和情景组合描述了一个重点集中于经济、社会和环境持续发展的地方性方案。随着低于A2速率的持续性的全球人口增长，经济发展则处于中等水平，与B1和A1相比，技术变更的速度缓慢且种类增多。当然，情景也趋向于环境保护和社会公平性，但主要强调地方和区域性水平的层次。

3.8 **预测21世纪全球平均年降水量会增加。**预测全球平均水汽、蒸发也都将增加。

WGI TAR 第 9.3.1节

3.9 **根据SRES所有情景的预测范围，全球平均海平面高度在1990～2100年期间将上升0.09～0.88米，但区域间的波动十分明显（见图3-1l）。**预测1990～2025以及1990～2050年间的上升高度分别为0.03～0.14米和0.05～0.32米。这主要是由于热膨胀以及冰川和冰盖的消融所致。基于IS92情景的第二次影响评估报告预测海平面上升范围是0.13～0.94米。尽管在这次影响评估中预测的未来温度较高，但海平面上升的预测值却略有降低，这主要是由于采用了改进了的模式，模式中由于冰川和冰盖的贡献变小。

WGI TAR 第11.5.1节

3.10 **与全球平均变化相比，区域气候和海平面的变化预测有很大的不同。**

3.11 **几乎所有陆地的升温速度可能都比全球平均要快，特别是在冬季的北部高纬度地区。**最显著的升温是北美的北部地区以及亚洲北部和中部，每个模型中都显示这些地区的增暖水平超过了全球平均增暖的40%。相反，在南亚和东南亚的夏季以及南美南部的冬季，其增暖水平低于全球平均值（见图3-2）。

WGI TAR 第 10.3.2节

3.12 **在区域尺度上预测的降水则有可能增加或减少，通常介于5%～20%之间。**高纬度地区无论在夏季和冬季，其降水都很有可能增加。中纬度北部地区、热带非洲、南极的冬季以及亚洲东部和南部的夏季，预测降水也会增加。而澳大利亚、中美洲和南部非洲的冬季降水显示出一致的减少。在许多预测的平均降水量增加的地区，其年际间降水量也可能会有很大的波动（见图3-3）。

WGI TAR 第 10.3.2节

3.13 **与预测的全球平均海平面上升值相比，预计区域的海平面变化幅度会更大，因为海岸线地区的海平面升高是由多种因素所决定的（见图3-4）。**尽管几乎所有的模式都预测北冰洋的海平面上升高于全球平均值、南半球海洋的海平面上升低于全球平均值，但由于不同模式的预测结果相似性较差，复杂模式所预测的未来海平面变化区域分布的可信度较低。

WGI TAR 第 11.5.2节

3.14 **预测冰川在21世纪将继续大规模退缩。**预测北半球的雪盖、永冻层和海冰的范围将进一步减小。由于降水增加，南极大冰原的冰雪量将有可能增加；而格陵兰冰原的冰雪量因径流量增加超过了降水量的增加而有可能会减少。对南极西部大冰原的稳定性的关注，在问题4中讨论。

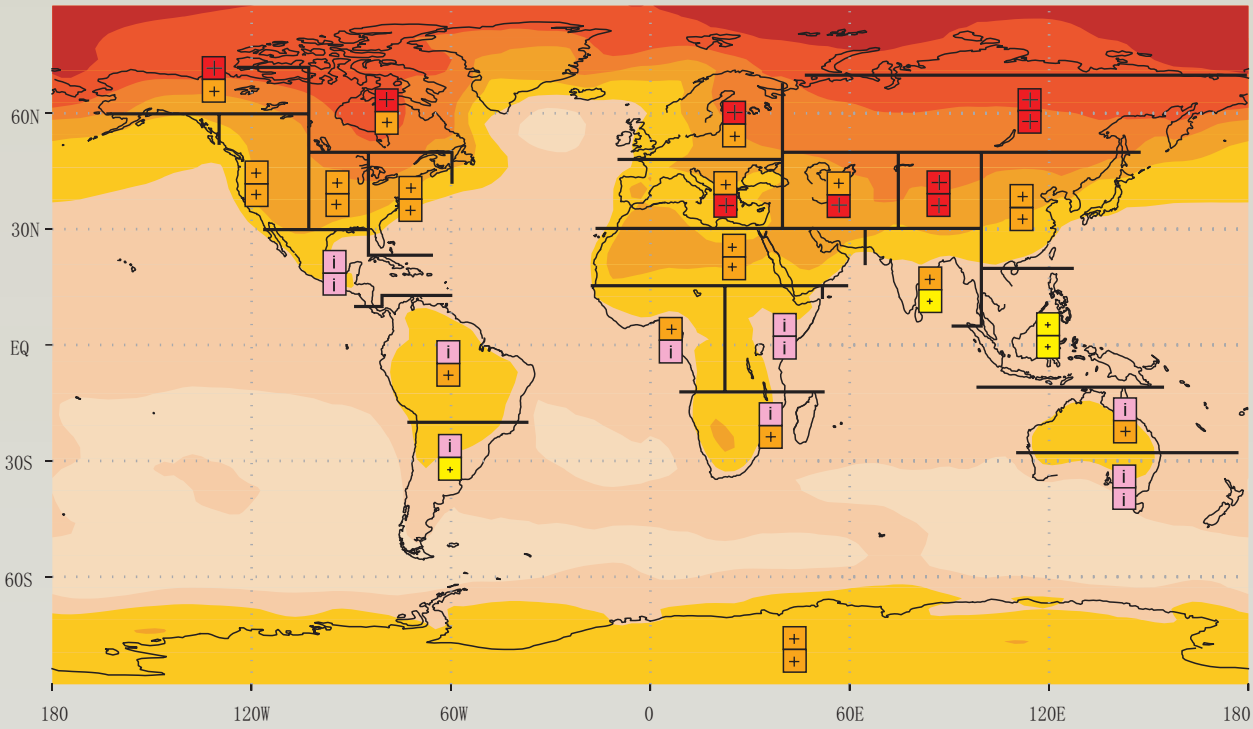
WGI TAR第 11.5.4节

图3-2：背景图（a）SRES中的A2情景和（b）SRES中的B2情景的年平均的温度变化（彩色阴影）。两个SRES情景都显示出了应用AOGCM模拟的相对于1961～1990年的2071～2100年的变化情形。这里仅表示了A2和B2两种情景，其他情景没有AOGCM模拟的结果。方框对A2和B2情景模式之间的区域变暖程度（例如，与每一个模式的全球平均变暖水平相比的增暖程度）的一致性进行了分析。显示的区域划分为：两个模式一致的增暖超过全球年平均水平（低于平均增暖）；或模式间区域的相对增暖幅度不一致（增暖幅度不一）。变冷问题上也有一定的划分依据（从未应用）。九个模式中必须有至少七个结论相符才能被定义为一致。如果全球年平均增暖采用A2的1.2～4.5℃以及B2情景的0.9～3.4℃的变化范围，则A2和B2情景的高于40%的区域变暖幅度就分别为1.7～6.3℃和1.3～4.7℃。

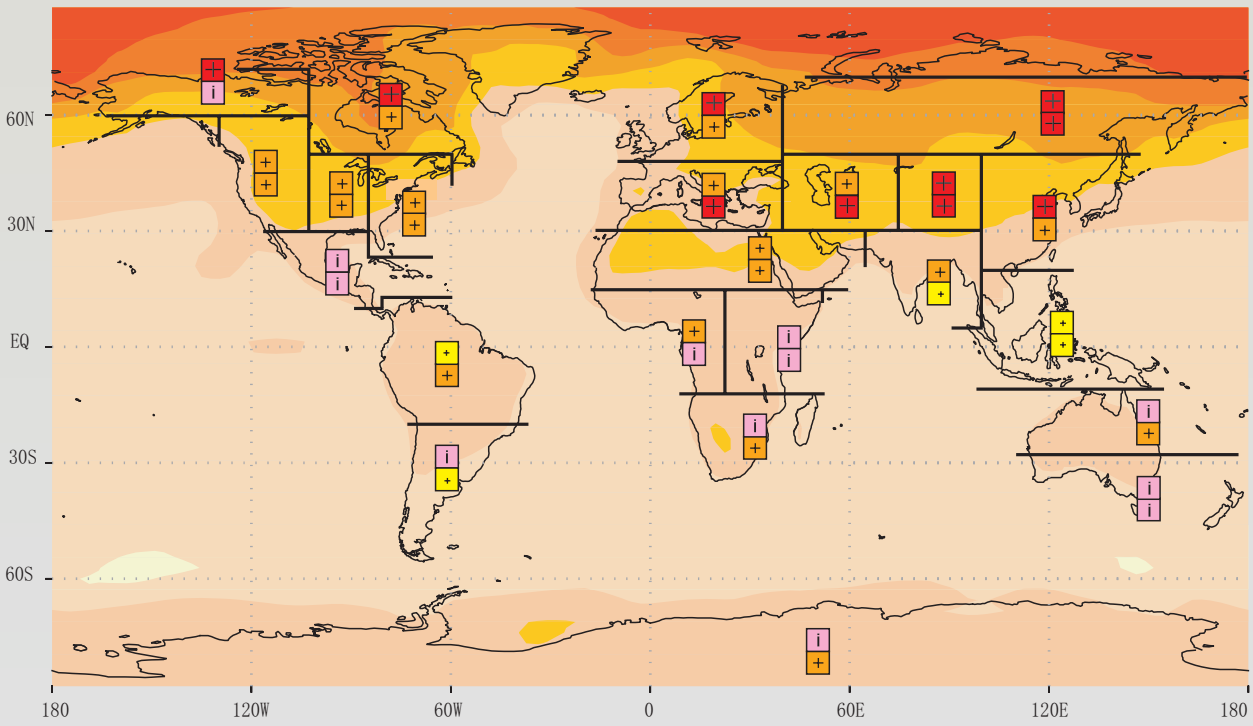
WGI TAR 图 9.10d & 9.10e, & WGI TAR 框 10.1 (图 1)

A2和B2情景的温度变化

a) A2情景



b) B2情景



相对于模型模拟的全球平均的温度变化

- 远远高于平均增温
- 高于平均增温
- 低于平均增温
- 不一致的增温强度
- 变冷

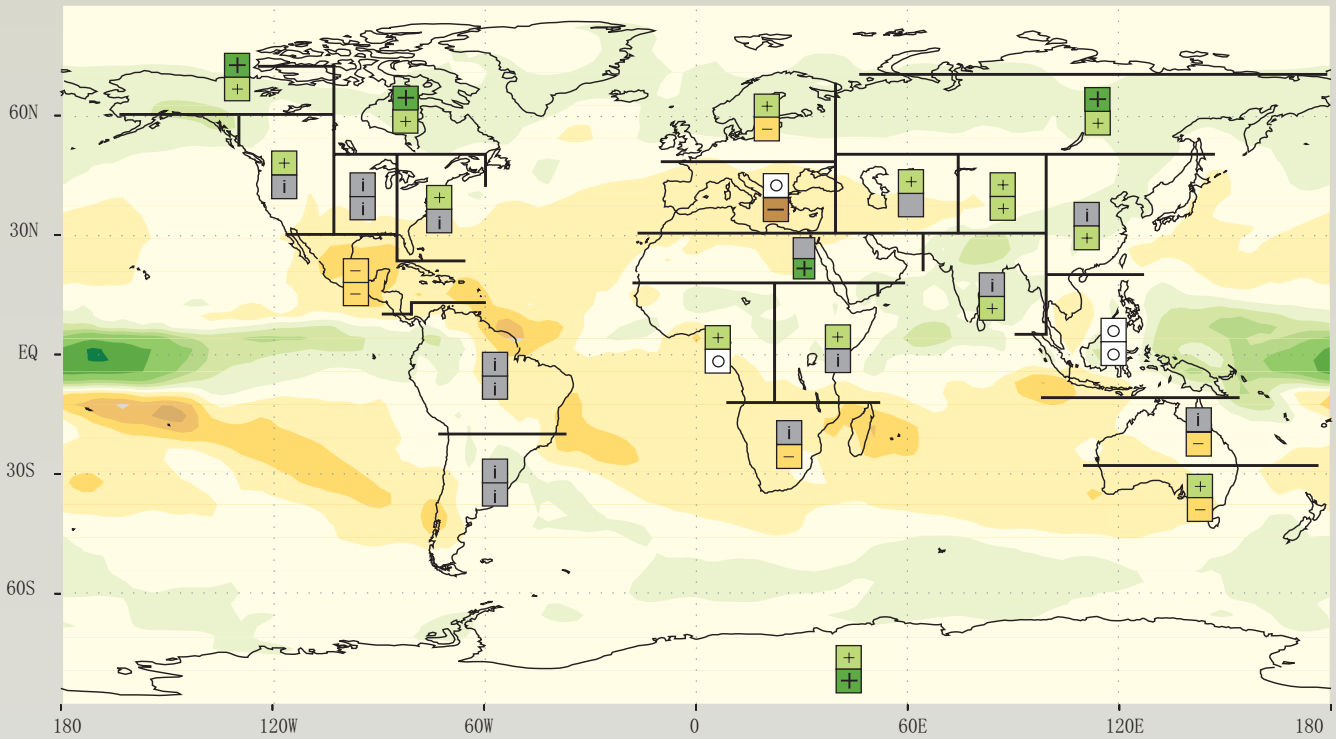
全球平均温度的变化（°C）

- 2 - 1 0 1 2 3 4 5 6 8 10 12

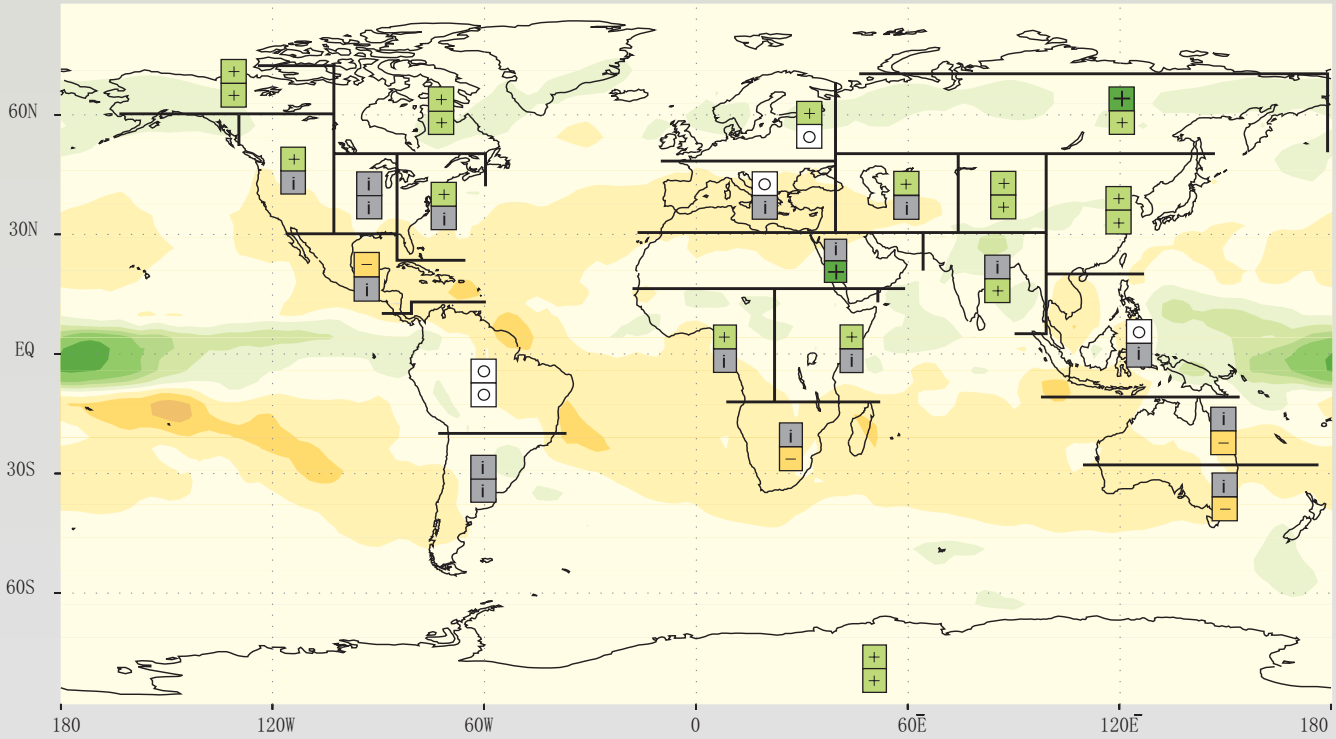
12月-1月-2月
6月-7月- 8月

A2和B2情景的降水变化

a) A2 情景



b) B2 情景



降水变化

- 大幅度增加
- 小幅度增加
- 不变
- 小幅度减少
- 大幅度减少
- 不一致的变化

全球平均降水量的变化(毫米/天)

- 1 - 0.75 - 0.50 - 0.25 0 0.25 0.50 0.75 1 1.5 2 3

12月-1月-2月
6月-7月-8月

图3-3：图中表明了（a）SRES中的A2情景和（b）SRES中的B2情景的年平均降水量变化（彩色部分）。两个SRES情景应用AOGCM模拟表明了与1961～1990年相比的2071～2100年的变化结果。这里仅表示了A2和B2两种情景，因为其他的情景没有配套的AOGCM模拟模型。方框对模式之间的区域降水变化的一致性进行了分析。区域划分的主要依据为：平均一致增加高于20%（大量增加），平均一致增加高于5~20%（少量增加），变化在-5%~5%或平均变化在-5%~5%之间（没有变化），平均一致下降在-5%~-20%（少量下降），平均一致下降多于-20%（大量减少），或结论不一（无一致迹象）。九个模式中必须至少有七个结论一致才能被作为依据。

WGI TAR 框 10.1（图）

3.15 预计气候变化对环境和社会经济系统既有有利的影响也有不利的影响，但是气候的变率越大，不利影响的主导地位越明显。

3.16 **温室气体累积排放量越多，气候变化的影响越严峻（中等可信度）。**气候变化的影响既有有利的方面，也有不利的方面，但对世界大多数地方来讲，预计不利影响会占主导地位。气候变化的各种影响将随全球平均温度的升高风险性加大。这些风险构成了其被关注的五个理由：对濒危物种和特有生态系统的威胁；极端气候事件的破坏作用；对发展中国家以及贫困人口的严重影响；全球的综合影响以及大尺度的高强度影响事件(见框3-2和图3-1)。气候变化对人类健康、生态系统、粮食生产、水资源、小岛和低洼沿海区以及总的市场活动的影响总结如下。但是，应该注意的是，大多数研究中尚没有考虑未来极端事件频率和强度的变化(另见问题4)。

WGII TAR 第 1.2, 19.3, 19.5, & 19.8节

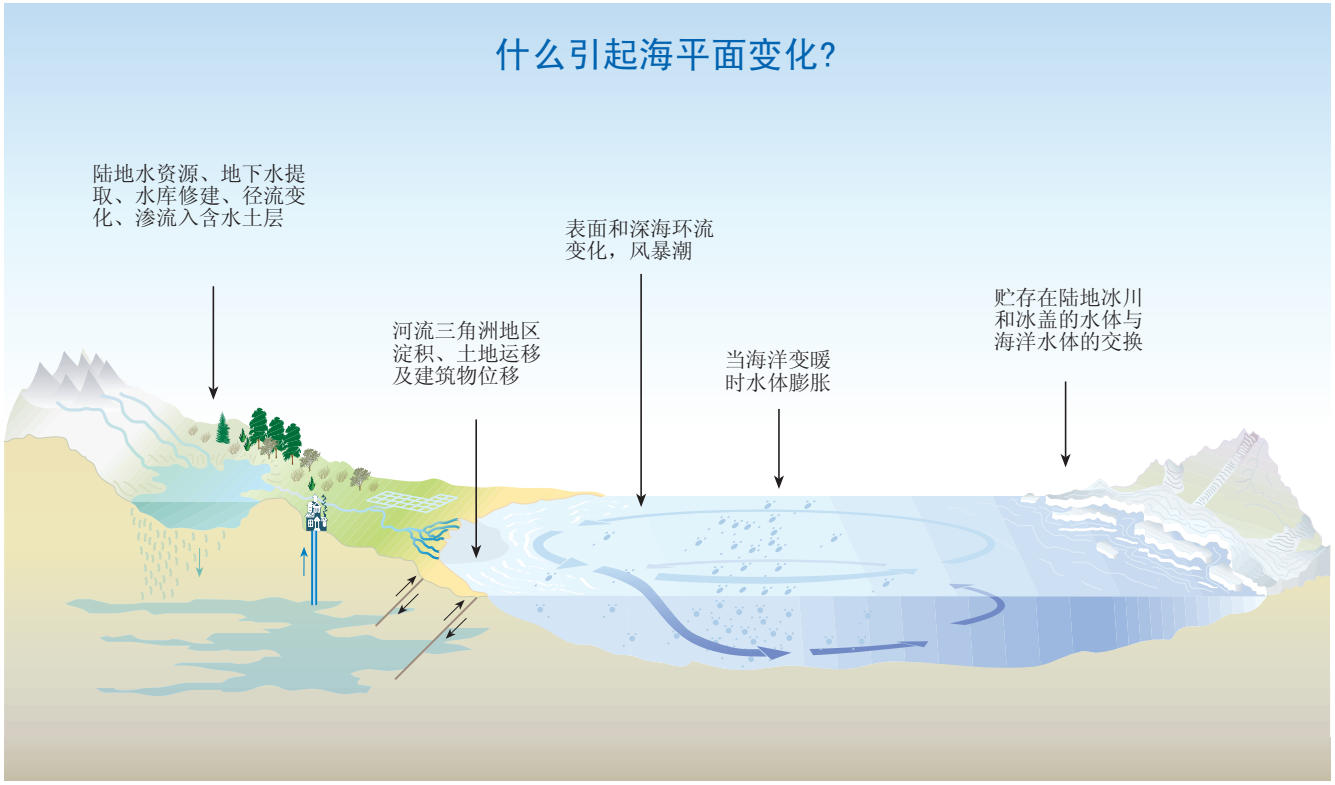


图3-4：沿海岸线的海平面高度由全球环境中随多种时间尺度变化的多种因素所决定，从几小时（潮汐）到百万年（由于地质构造和沉积引起的海洋盆地的变化）。在几十年到几世纪的时间范围内，一些对平均海平面变化影响最大的因素往往和气候及气候变化过程相联系。

WGI TAR 框 TS-2

框 3-2 伴同温度升高的气候变化引起的值得关注的风险

- 特有的和濒危系统：物种和系统的某些变化已经和观测到的气候的变化联系在一起，而且即使是气候很小的变化，也可能使一些高度脆弱的物种和系统处于被破坏或甚至损失的风险之中。程度更大的变暖将会加剧这些物种和系统受到的风险，而且还会使其他另外的群体处于风险之中。
- 极端气候事件：已经观测到一些极端事件发生的频率和强度的增加(见问题2)，而且可能随着进一步的变暖而加强，由此人类生命、财产、作物、牲畜以及生态系统的危险性也会增加。对于内在的不断变化和不稳定的区域，现在的发展增加这些风险(例如，河流冲击平原和低洼沿海区域)（另见问题4）。
- 影响分布的不一致：一般来讲，发展中国家受到气候变化的不利影响的风险远大于发达国家，一些发达国家在气候变暖小于(几)度的情况下其市场会从中受益。在更大程度的变暖情况下，多数地区都会处于由气候变化引起的以负面影响为主的风险之中。但是，发展中国家通常比发达国家将继续经受更严重的影响。在国家内部，脆弱性是变化的，最贫困人口更会经常受到威胁他们生活和生存的影响。
- 全球总影响：升温在(几)度范围内，虽然大部分人都可能受到负面的影响，不过对全球市场的总体影响则有正有负。在更高的升温情况下，全球市场受到的负面影响将增加，而且对大部分人的主导性影响都将是负面的。
- 大尺度、高强度影响事件：在小于(几)度范围内的升温情况下，100年时间范围内的大尺度、高强度影响事件，如温盐环流崩溃或南极西部冰盖坍塌等，发生的可能性较低。但这些事件的可能性产生的风险及其后果的大小还远未有定量化的估计。在较高的变暖情况下，在比100年更长的时间尺度上，其可能性和风险将增加，但目前还不能对其进行定量估计。同时可参见问题4。

WGII TAR 第 5.2, 5.4, & 19.3节
WGII TAR 第 15.2 & 19.6 节
WGII TAR 第 19.4节
WGII TAR 第 19.5节
WGII TAR 第19.6节

人类健康

3.17 **气候变化将增加对人类健康的威胁，尤其是对热带和亚热带的低收入人群。**气候变化能够通过多种途径影响人类健康，包括直接影响(如，在温带国家中虽减少了冷胁迫但增加了热胁迫，在洪水和暴风雨中丧生)和通过传染性媒介(如蚊子)[5]、水生病原菌、水质量、空气质量、食物供给能力和质量(如一些谷类作物的蛋白质含量降低)、人口迁移以及经济受挫等造成的间接影响（中到高可信度）。一些影响可能是有益的(如减少了冷胁迫、在一些地区减少了疾病传播)，但其表现的主导影响是负面的(表3-1)。实际影响程度受到当地环境和社会经济状况的影响很大，对每个表现出的对人类的负面影响，都有一系列社会、制度、技术和采取行为方面的适应性措施减少这种影响。例如，适应对策包括加强公共健康基础设施的建设、针对健康进行环境管理(包括空气和水质量、食物安全、城镇和住房设计以及地表水的管理)提供适当的医疗保健。

WGII TAR 第 5.3, 9.1, 9.5, & 9.11节

生物多样性和生态系统生产力

3.18 **气候变化和海平面升高预计会使生态系统的多样性减少，特别是一些脆弱物种灭绝的风险增加（高可信度）。**因干扰而造成的对生态系统的严重破坏将增加，如火灾、旱灾、虫灾、外来种侵入、风暴以及珊瑚礁白化事件等(见表3-2)。因气候变化而引起的胁迫与其他胁迫(如土地转化、土地退化、收获、污染等)共同作用，会使一些特有的生态系统受到本质上的破坏或完全消失，而且会使一些有高度灭绝危险或濒危的物种灭绝。珊瑚礁和环状珊瑚岛、红树林、

WGII TAR 第 5.2.3, 5.4.1, 16.2, 17.2, & 19.3.2-3节

[5] 已经对8个案例进行了气候变化的影响，5例疟疾，3例登革热。7个案例利用基于生物和过程的方法，一个案例机遇经验和统计的方法。

表 3-1 如果没有气候政策介入，气候变化对人类健康的影响。

	2025	2050	2100
CO_2 浓度[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
自1900年全球平均温度变化[b]	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
自1990年全球平均海平面升高[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
对人类健康的影响[c]			
热胁迫和冬季死亡率 [WGII TAR 第 9.4节]	与热相关的死亡和疾病增加(高可信度[d])。 一些温带地区冬季死亡量下降(高可信度[d])。	热胁迫影响增大(高可信度[d])。	热胁迫影响增大（高可信度[d]）。
传染病 [WGII TAR 第 9.7节]		疟疾和登革热潜在的传染区域扩大(中高可信度[d])。	疟疾和登革热潜在的传染区域进一步扩大（中至高可信度[d]）。
洪灾，风暴 [WGII TAR 第 3.8.5 & 9.5节]	和极端天气相关的伤亡、传染病增加(中等可信度[d])。	伤亡、传染病严重增加(中等可信度[d])。	伤亡、传染病迅猛增加（中等可信度[d]）。
营养 [WGII TAR 第 5.3.6 & 9.9节]	贫穷对增加的饥荒风险很脆弱，但相应的科学还很不完善。	贫穷依旧造成对增加的饥荒风险脆弱。	贫穷依旧对增加的饥荒风险脆弱。

[a] 根据35个SRES预测的温室气体排放情景，应用一种便捷的碳循环模型所估测的最高和最低值所对应的CO_2浓度范围。参见WGI TAR 3.7.3节。

[b] 根据35个SRES预测的温室气体和SO_2排放情景，应用一种简单的气候模型所估测的最高和最低值所对应的全球平均温度变化范围和全球平均海平面升高程度。参见 WGI TAR 9.3.3 和 11.5.1节。

[c] 2025、2050和2100年气候变化对市场影响的摘要阐述由第二工作组的研究评定推论而来，这种研究只是情景影响的调查而非基于SRES情景的预测，因为尚未见文献报导有关SRES情景预测的研究。气候变化的影响评估在区域间差异很大，而且其对温度、降水变化的区域性和季节性估测、极端气候频率或强度的变化、变化速率高度敏感。影响评估还对未来社会特征的设定以及未来气候变化的适应效率和程度高度敏感。相应地，对于2025、2050和2100年的气候变化影响的摘要论述必然是一般性的和定性化的。这种陈述以表格的形式展现也是考虑到使宽泛的情景描述更为有效。但是，应该注意的是，还没有研究探讨了全球温度升高到2100年变化幅度上限时气候变化所带来的影响。

[d] 可信度的判定采用了下列标准：非常高(95% 或更大)，高(67-95%)，中(33-67%)，低(5-33%)和很低(5%或更小)。参见WGII TAR框1-1。

寒带和热带森林、极地和高山生态系统、大草原湿地以及残存的天然草地是受气候变化威胁的生态系统的一些例子。在一些情况下，受威胁的是那些可以减轻气候变化影响的一些生态系统(如，可以缓冲风暴影响的沿海系统)。减少生物多样性损失的可能方法包括建立允许物种迁移的保护区、公园和储备场所，对物种进行人工养护和转移。

3.19 **生态系统生产力对气候变化高度敏感，而且估计生产力的变化幅度从增加到减少都有可能（中等可信度）。**CO_2浓度增加将会使大多数植物生态系统的净初级生产力(CO_2增肥效应)和净生态系统生产力增加，使得碳随时间在植被和土壤中累积。气候变化可能使CO_2对生产力的直接效应增加，也可能使其减小，这取决于植被类型、区域以及气候变化情景。

WGI TAR 第 3.7节 & WGII TAR 第 5.2.2 & 5.6.3节

表 3-2 如果没有气候政策介入，气候变化对生态系统的影响。*

	2025	2050	2100
CO_2 浓度[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
自1900年全球平均温度变化[b]	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
自1990年全球平均海平面升高[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
对生态系统的影响[c]			
珊瑚礁 [WGII TAR 第 6.4.5, 12.4.7, & 17.2.4节]	珊瑚礁白化频率和死亡量增加(高可信度[d])。	珊瑚礁的白化和死亡量更加恶化(高可信度[d])。	珊瑚礁白化和死亡量更加恶化(高可信度[d])。 物种的生物多样性减少，依赖暗礁生存的鱼类的产量降低(中等可信度[d])。
海岸湿地及海岸线 [WGII TAR 第 6.4.2 & 6.4.4节]	由于海平面的升高，一些海岸湿地消失(中等可信度[d])。 海岸线的侵蚀增加(中等可信度[d])。	海岸湿地的消失加重(中等可信度[d])。 海岸线的侵蚀加剧(中等可信度[d])。	海岸湿地进一步消失(中等可信度[d])。 海岸线侵蚀进一步加剧(中等可信度[d])。
陆地生态系统 [WGII TAR 第 5.2.1, 5.4.1, 5.4.3, 5.6.2, 16.1.3, & 19.2节]	中高纬度地区生长季加长；动植物的适宜范围变化(高可信度[d])。[e,f] 许多中高纬度地区的森林净初级生产力提高(中等可信度[d])。 火灾和虫害对生态系统的扰动频率增加(高可信度[d])。	一些濒危物种灭绝；许多其他的物种处于灭绝的边缘(高可信度[d])。 净初级生产力可能会或可能不会继续得到提高火灾和虫害对生态系统的扰动频率增加(高可信度[d])。	独特的栖息地及其特有的物种消失（如南美洲海角区的植被以及一些雾带森林）(中等可信度[d])。 火灾和虫害对生态系统的扰动频率增加(高可信度[d])。
冰川环境 [WGI TAR 第 2.2.5 & 11.5; WGII TAR 4.3.11, 11.2.1, 16.1.3, 16.2.1, 16.2.4, & 16.2.7节]	冰川回退，海洋覆冰范围减少，一些永冻层消融，河流和湖泊的无冰期加长(高可信度[d])。[f]	北极海洋冰进一步减少，有利于船运但不利于野生生物（如海豹、北极熊、海象）(中等可信度[d])。 地面的沉降导致基础设施破坏(高可信度[d])。	冰川，特别是热带冰川，冰块体积大量减少(高可信度[d])。

* 参见表3-1的脚注a-d。

[e] 累积市场效应是指通过如农业、商业林、能源、水、建筑等市场部门，合计获得的经济收入和支出之间的净效应。这种估算一般排除了气候变异和极端事件变化的影响，也不代表不同变化速率的影响，而仅仅是部分说明了对市场中非贸易的商品和服务的影响。这样的省略往往可能导致低估了损失而高估了经济收益。累积影响的估算还存在一定的矛盾，因为他们往往用一些获得来抵消另一些的损失，而且不同的个体间的累积权重也必然带有一定的主观性。

[f] 这些效应已经被观测到，且预计会继续下去。[TAR WGII 第 5.2.1, 5.4.3, 16.1.3, & 19.2节]。

WGI TAR 第 3.2.2节, WGII TAR 第5.2, 5.5-6, & 5.9节, & SRLULUCF 第 1.4节

3.20 **陆地生态系统目前是一个碳汇，到21世纪末，随着温度增加，汇的强度会降低(见表3-2（中等可信度）)。**当前的陆地生态系统是一个碳汇，这是部分地由于增加的植物生长、死亡和腐烂三者的滞后造成的，由于过去的陆地管理措施、CO_2增肥效应对植物光合作用的影响(通过增加碳同化而直接影响，或通过提高水分利用效率而间接影响)、氮沉降(特别是在北半球)、气候变化等，陆地生态系统目前是一个碳汇。这一碳汇在未来几十年内预计将会继续保持；但是，当森林变成熟，肥料效应变饱和、植物腐烂赶上其生长、气候变化而使干扰程度(如火灾和虫灾爆发)增加，汇将可能会减小。一些全球模型预测，陆地生态系统

对碳的净吸收在21世纪前50年会增加，但随着气温升高，在21世纪后50年会下降甚至会成为一个碳源。

农业

WGII TAR 第 5.3.4-6, & 9.9 节

3.21 **谷类作物模型表明，在温带地区，温度增加较低时产量会增加，但温度增加较高时，产量将会减少（中到低可信度）。在大多数热带和亚热带地区，无论任何程度的温度增加，都会使谷物产量降低（中等可信度）（如表3-3）。**在中纬度地区，作物模型表明，温度增加在（几）度之内以及相应的CO_2浓度增加，对作物产量总体来讲是正效应；而温度增加若超过几度，作物的产量反应一般是负的。在热带农业区，类似的评价结果表明，甚至是温度的极小增加，也会使一些作物产量降低，因为热带地区的温度已经非常接近这些作物生长所能承受的最高极限。在降雨也将同时有较大程度减少的亚热带和热带的旱地/雨养地区，对作物产量的负面影响将更加突出。包括自动农业适应(如，种植时间的变化以及作物品种)的一些评价所估计的作物产量受到的气候变化的负面影响比不包括适应性的模型的估计结果较小。这些评价考虑了CO_2的施肥作用，但没有考虑技术革新、虫害和病害、土壤和水资源退化或气候极端事件等的影响。牲畜生产者使其畜群适应与气候变化有关的胁迫方面的能力了解得还很少。（几）度或者超过几度范围内的变暖预计将使全球的粮食价格增加，而且可能使脆弱人口遭受饥饿的风险增加。*(低可信度)*

表 3-3 如果没有制定的气候政策介入气候变化对农业的影响结果。*

	2025	2050	2100
CO_2 浓度[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
自1900年起全球平均温度变化[b]	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
自1990年起全球平均海平面升高[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
对农业的影响[c]			
平均的作物产量[g] [WGII TAR 第 5.3.6, 10.2.2, 11.2.2, 12.5, 13.2.3, 14.2.2, & 15.2.3 节]	在许多中高纬度地区，谷类作物产量增加(中低可信度[d])。 在多数热带和亚热带地区，谷类作物产量降低(中低可信度[d])。	在中纬度地区，谷物产量存在增减混合影响在热带和亚热带地区，谷物产量下降明显(中低可信度[d])。	在多数中纬度地区，超过(几)度以上的变暖会使谷物产量全面下降(中低可信度[d])。
极端的低温和高温 [WGII TAR 第 5.3.3节]	一些作物的霜冻危害减少(高可信度[d])。 一些作物的热胁迫危害增加(高可信度[d])。 牲畜的热胁迫增加(高可信度[d])。	极端温度的变化使影响加剧(高可信度[d])。	极端温度的变化使影响加剧(高可信度[d])。
收入和价格 [WGII TAR 第 5.3.5-6节]		发展中国家贫困农民的收入降低(中低可信度[d])。	排除气候变化，预测粮食价格增加（中低可信度[d])。

* 参见表3-1的脚注a-d。
[g] 这些评估是建立在当前农业措施对气候变化的敏感性的基础上的，（大多数情形下）允许在现有技术变换使用的基础上采取对策。

水

WGI TAR 第9.3.6节 & WGII TAR 第 4.3-4, 4.5.2, & 4.6节

3.22 **预计气候变化将会使许多受水资源胁迫的国家的水短缺和水质问题加剧，不过在一些其它国家则情况会有所缓解。**随着人口的增长和经济的发展，一般来说对水的需求会增加，但是在一些国家由于水资资利用效率的提高，对水的需求也会降低。气候变化将使世界许多地区的河流流量和地下水补给量减少，但在其他一些地区也可能增加（中等可信度）。不同情景中变化量差别较大，部分是由于降水量预测的差异（特别是降水强度），部分是由于蒸发量预测的差异。图3-5中列出了两种情景下的水体径流量变化的情况。CO_2排放如果每年增加1%，到2050年将会有几亿到几十亿人口的水供应减少10%或更多(见表3-4)。由于水温升高，一般来说淡水质量也会下降（高可信度），但在一些地区这可以通过流量的增加来缓解。气候变化对水短缺、水质量，以及洪灾和旱灾的频度和强度的影响，将对水管理和洪水管理带来更大的挑战。未受管理的以及管理较差的水系统对气候变化的负面影响表现得最为脆弱。

小岛国和低地沿海区

表 3-4 如果没有制定的气候政策介入气候变化对水资源的影响结果。*

	2025	2050	2100
CO_2 浓度[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
自1900年起全球平均温度变化[b]	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
自1990年起全球平均海平面升高[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
水资源影响[c]			
水供应 [WGII TAR 第 4.3.6 & 4.5.2节]	以降雪为重要的水来源的盆地，其河流量峰值从春季变到冬季(高可信度[d])。	许多水胁迫国家的水供应减少，其他一些水胁迫国家的水供应增加(高可信度[d])。	水供应的影响扩大(高可信度[d])。
水质量 [WGII TAR 第 4.3.10节]	高温使水质量退化。(高可信度[d])。 水质量变化因水流容量变化发生改变(高可信度[d])。 海平面上升使侵入沿海蓄水层中的盐水增加(中等可信度[d])。	高温使水质量退化(高可信度[d])。 水质量变化因水流容量变化发生改变(高可信度[d])。	水质量的影响扩大(高可信度[d])。
水需求 [WGII TAR 第 4.4.3节]	灌溉水需求量将受气候变化的影响；高温将趋向于使水需求量增加(高可信度[d])。	水需求量的影响扩大(高可信度[d])。	水需求的影响扩大(高可信度[d])。
极端事件 [WGI TAR SPM; WGII TAR SPM]	由于更多强降雨事件将使洪水的破坏增加(高可信度[d])。 干旱频率增加(高可信度[d])。	洪水的破坏进一步增加(高可信度[d])。 干旱事件及其影响进一步增加。	洪水的破坏将比"没有气候变化的情景"增加几倍。

* 参见表3-1的a-d脚注。

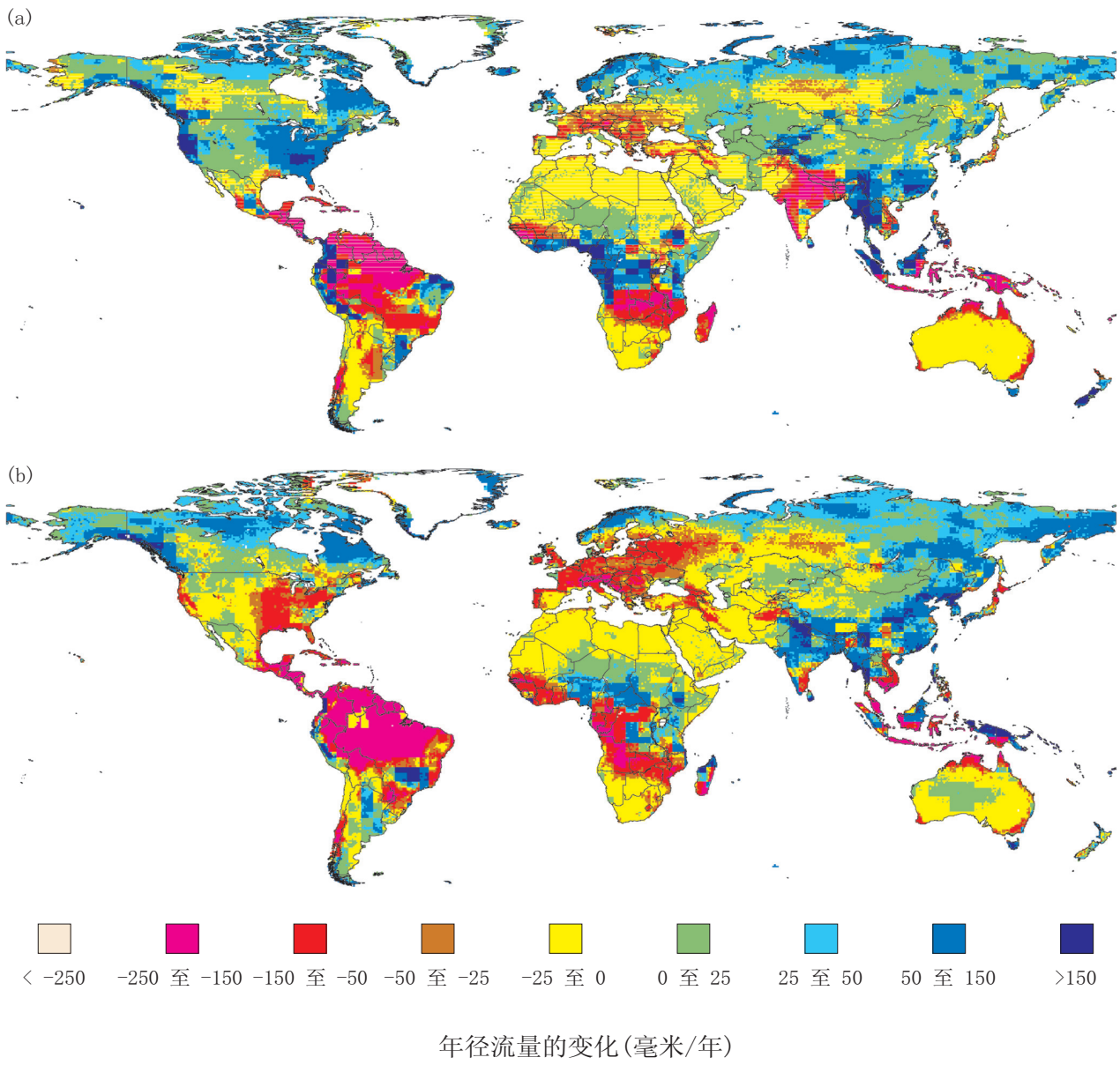


图3-5说明：预测的至2050年平均年水分径流量变化，相对于1961-1990期间的平均径流量，很大程度上与预测降水量变化相对应。径流量变化用水文学模型计算，输入的气候预测来自两个版本的Hadley中心AOGCM，情景为大气有效CO_2浓度每年增加1%。这两个模型为：(a) HadCM2平均和(b)HadCM3。预测径流增加的有高纬度和东南亚，预测径流减少的有中亚， 以及地中海周国地区、南部非洲、澳大利亚这些横跨Hadley中心的实验，与其他AOGCM实验预测的降水量具有广泛的一致性。对于世界的其他区域，降水量和径流量的变化取决于情景和模型。

WGII TAR 第4.3.6节

3.23 **居住在小岛和/或低地沿海地区的人口由于海平面升高和风暴的影响在一些社会和经济方面有特殊风险。**一些居民将会面临海洪和海岸侵蚀增加的风险，数千万居住在小的、低海拔的小岛和三角洲上的居民，将会面临人口迁移以及基础设施损失的风险，或需增加保护脆弱性沿海地区的投资。岛国和沿海地区的关键性资源也将受到威胁，如，淡水、渔业、珊瑚礁和环状珊瑚岛、海滩以及野生动物栖息地等。

WGII TAR第 7.2.2, 17.2, & 19.3.4节

WGII TAR 第6.5.1, 7.2.2, & 17.2.2节

3.24 **海平面上升将使每年在沿海风暴中遭受洪灾的人口的平均数量增加（高可信度）。**受威胁的人口的绝对数量增加最多的是南亚和东南亚地区，在东非、西非以及从土耳其到阿尔及利亚的地中海地区，受威胁的人口增加得不多，但增加却是非常显著的。许多人口密度高的沿海城市对永久性的陆地淹没也非常脆弱，特别是因海平面上升而造成的更频繁的沿海洪水对潮涌高度的叠加影响。以上估计都是假定风暴发生的频度和强度不变的情况下得出的，而风暴发生则可以加剧海平面上升对一些地区造成洪灾的风险。

总的市场影响

WGII TAR第 6.5, 7.2-3, 8.3, 18.3.4, 18.4.3, 19.4.1-3, & 19.5节

3.25 **总的市场部分的影响，用国民生产总值（GDP）的变化来度量。对于大多数发展中国家，不同程度的全球平均温度升高的研究均表明，其净市场影响将是负的（低可信度），对发达国家来讲，气温升高在（几）度以内，净市场影响有正有负（低可信度），如果气温升高超过（几）度时，净市场影响则会是负的（中到低可信度）。**气候变化的影响将通过改变粮食、纤维、水和其它物品的丰富程度、质量和价格，以及服务的改变等影响市场部门(见表3-5)。另外，气候变化还有其他市场效应，如可通过改变能源需求、水电供应、交通运输、旅游业和建筑业，或由于极端气候事件造成的财产破坏和保险损失，因海平面上升而损失陆地，发展和人口等的规划安置及重新安置，以及资源需要和适应气候变化的投资费用等。一些已经出版了的研究对净的市场部门的影响结果的估计为，无论在部门、国家或地区尺度上都表明，大多数被研究的发展中国家和地区的市场都会受到损失。对发达国家或地区而言，全球平均温度增加（几）度以内对市场的影响有正有负。在温度增加超过几度时，发达国家的市场影响

表 3-5 如果没有制定的气候政策介入，气候变化对其他市场部门的影响结果。*

	2025	2050	2100
CO_2 浓度[a]	405–460 ppm	445–640 ppm	540–970 ppm
自1900年起全球平均温度变化[b]	0.4–1.1°C	0.8–2.6°C	1.4–5.8°C
自1990年塌全球平均海平面升高[b]	3–14 cm	5–32 cm	9–88 cm
其他市场部门的影响[c]			
能源 [WGII TAR 第 7.3节]	用于建筑物加热的能源需求减少(高可信度[d])。 用于建筑物致冷的能源需求增加(高可信度[d])。	能源需求的影响扩大(高可信度[d])。	能源需求的影响扩大(高可信度[d])。
经济部门 [WGII TAR 第 8.3节]		保险价格增加和可行性下降(高可信度[d])。	对金融部门的影响扩大。
总的市场影响[e] [WGII TAR 第 19.4-5节]	许多发展中国家净的市场部分损失(低可信度[d])。 发达国家市场的影响有得有失(低可信度[d])。	发展中国家的损失扩大(中等可信度[d])。 发达国家市场的获利减小而损失增加(中等可信度[d])。	发展中国家的市场损失扩大(中等可信度[d])。 温度增加超过(几)度时，发达国家净的市场部分表现为损失(中等可信度[d])。

* 参见表3-1的脚注a-d和表3-2的脚注。

也是负面的。从全球尺度而言，在全球平均温度增加几度以内时，世界的GDP将增减百分之几；全球平均温度增加超过（几）度时，净的损失会增加。这些估计中一般没有考虑气候可变性和极端气候事件变化的影响，也没有考虑气候变化速率的影响，只对不参加市场贸易的商品和服务做了部分的考虑，把一部分人的财产增加抵偿了另一部分人的财产损失。因此，对单个国家在市场影响方面的估计的可信度普遍较低，而且，各种省略似乎会低估经济损失和高估经济收益。

3.26 **适应性可部分抵消气候变化的负面影响，并且可很快得到益处，但不能阻止各种损失。**

3.27 **已经证实，一些气候变化的适应性措施能够减少气候变化的负面影响并增加其下面影响。但这些措施将会有成本问题。**关于其效益和成本方面的数量性的估计、以及因地区和实体而不同的评估还很不全面。适应气候变化有多种方式，如通过人们的行动来减少影响或利用新的机会，以及自然系统在气候变化压力之下所作的一些结构和功能方面的反应。本报告主要着眼于人为的适应性行动。这些措施包括反应性适应(预先没有准备而随着条件的变化当即采取的行动)、以及预先计划好的适应(预先准备好、在条件变化时同时采取的行动)。适应可以由私人实体(如个人、家庭或商业公司)或公共实体(如地方、州或国家政府机构)来承担。一些已经公认的适应性措施的例子列于表3-6。适应性措施的效益和成本、以及其完善与否也因地区和承担实体的不同而不同。尽管与适应相关的知识还不完善且仍在不断变化发展之中，但已经得出许多有价值的发现并总结出许多这方面的相关进展。

WGII TAR 第 18.2.3 & 18.3.5节

3.28 **更大幅度和更快速度的气候变化情景将比幅度较小和较慢的变化情景对适应的挑战和破坏的风险更大。**适应气候变化的主要特征包括气候极端事件、变率以及平均情况变化的程度和速率。自然和人类系统都已经进化或发展出在一定的气候变异范围内的应对能力，在这样的变化范围内形成破坏的风险相对低一些，而且恢复的能力也高一些。但是气候变化导致超出系统经历过的历史范围的极端事件发生的频率增加，会增加系统对极端事件的风险，而且使系统不能完全恢复甚至使系统崩溃。平均情况的变化(如平均温度的增加)，甚至是非异常的变化，都可能使一些超过能够应对范围的事件的频率增加(如热浪)；也可能使一些其他事件的频率减少(如短期寒冷的频率减少) (见问题4和图4-1)。

WGII TAR 第18.2.2, 18.3.3, & 18.3.5节

3.29 **适应能力加强可以使能够应对的变异和极端事件的范围扩大或变化，使得其在目前和未来都产生效益。**表3-6中列出的许多适应性措施目前被用于应对当前的气候变异和极端事件，而且，扩大其应用可以提高目前和未来的应对能力。不过，如果未来气候变化的范围和速率增大，则这些努力在未来将会大打折扣。

WGII TAR 第18.2.2 & 18.3.5节

3.30 **适应性具有的潜在直接效益，主要是通过减小气候变化的负面影响并增强其正面影响。**关于气候变化的未来影响的一些研究结果表明，适应确实减少了许多负面影响并使正面影响得到增强。例如，对于因风暴而带来的沿海洪水进行的

WGII TAR 第 5.3.4, 6.5.1, & 18.3.2节

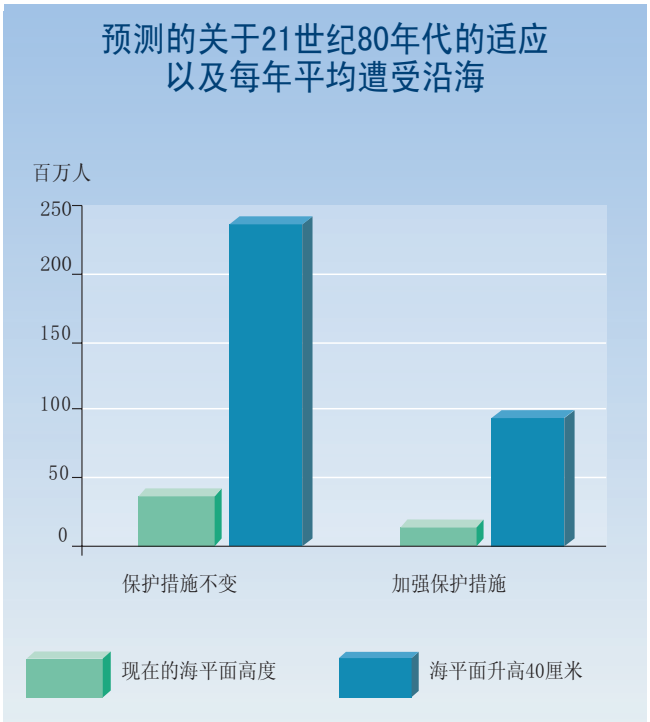
表 3-6 一些部门适应性措施的例子。

部门/系统	适应性措施
水 [WGII TAR 第 4.6 & 7.5.4 节; WGII SAR 第10.6.4 & 14.4节]	针对"需求方"进行管理，使水利用效率增加（如价格激励、调节、技术标准）。 针对"供给方"进行管理，使水供应或水供应的可靠性增加（如建筑新的贮水或分流设施）。 改变体制和法律构架，使水在用户之间易于转移（如建立水市场）。 减少河流中的养分载荷，保护/增加河床两侧的植被，以抵消因高水温而造成的富营养化。 改革洪水管理计划以削减下游的洪峰。 减少地表面不透水铺设物和利用植被来减少暴雨径流，以增加水分入渗。 重新评估堤坝、防洪堤以及其他防洪设施的设计标准。
食物和纤维 [WGII TAR 第 5.3.4-5节; WGII SAR 第 2.9, 4.4.4, 13.9, & 15.6节; SRTT 第 11.2.1节]	改变种植和收获时间以及其他管理活动。 采用最小耕作及其他措施保持土壤中的养分和水分、并防止土壤侵蚀。 改变草场的动物畜载量。 改种需水量较少、耐热、耐旱及抗虫的作物或品种。 加强研究以发展新品种。 鼓励在旱地区域种植农业森林，包括建立村庄植林地和利用灌木和树作为饲料。 重新种植混合树种以增加多样性和灵活性，促进植被和林地自主更新。 协助相邻的保护区及种植林中的树种进行迁移。 改善农村的培训和教育力量。 在保险与当地供应受破坏时，建立或扩展计划以提供安全的食物供应。 改革政策，以鼓励那些低效的、非持续的或风险性的农业、放牧及森林措施进行转化(如对作物、作物保险和水进行补贴)。
沿海地区，沿海渔业 [WGII TAR 第 6.6 & 7.5.4 节; WGII SAR 第 16.3; SRTT 15.4节]	防止或阻止那些易受侵蚀、淹没、以及风暴洪水影响的沿海地区的发展。 利用"硬件"(堤坝、防洪堤、隔海墙)或"软件"(海滩养护、沙丘和湿地恢复、造林)建设来保护沿海。 建立风暴预警系统和疏散计划。 保护和恢复湿地、河口以及洪积平原，为渔业提供基本生存环境。 改进和加强渔业管理制度和政策，以促进渔业转化。 进行研究和监测，以更好地支持渔业的综合管理。
人类健康 [WGII TAR 第 7.5.4 & 9.11节; WGII SAR 第 12.5 节; SRTT 第 14.4节]	重建和改进公共健康设施。 改进疫病防治现状，发展疫病预报和早期预警能力。 监测环境、生物和健康状况。 改进住房、卫生和水质量。 进行城市规划，以减小热岛效应(如利用植被和淡色表面)。 进行公众教育，以推行减少健康风险的行为。
金融服务 [WGII TAR 第 8.3.4节]	通过私人、公共保险和再保险分担风险。 通过建立代码和其他一套标准，或通过作为保险或信用需求的金融部门的影响来减小风险。

分析表明，如果沿海防洪设施还像目前那样没有变化，因气候变化驱动的海平面上升将使每年平均遭受洪灾的人数增加。但是，如果沿海防洪设施也能按照未来的GDP发展速度成比例得到增强，未来每年平均遭受洪灾的人数将会减少三分之二(见图3-6)。然而，这些估计指的仅仅是适应的潜在效益，而不是可能得到的效益，因为在分析中通常采用与适应性选择和障碍因子相关的武断的假定，经常不予考虑气候极端事件与变异性的变化，而且不能解释那些不甚完美的预见。

3.31 **关于适应性成本的评价还极少；一些可行性的评估表明，成本对适应性措施的选择标准及时间选择高度敏感。**目前研究最好的评价是关于保护沿海地区免受

WGII TAR 第 6.5.2 & 18.4.3节



WGII TAR 第 6.5.1节

图3-6：预测的关于21世纪80年代的适应以及每年平均遭受沿海风暴袭击的人数。左边两个柱线显示的是，在目前海平面及升高40cm 后，在2080年平均遭受沿海风暴的人数，这里有两个假定，即沿海保护设施与现在相比没有变化、人口增长保持适中或中速。右边的两个柱线表示的是同样的结果，但假定沿海设施按照GDP增长的比例增强。

海平面上升危害的那些措施的成本。这些评估中所包括的措施有“硬件建设”如堤坝、防洪堤、隔海墙，以及“软件建设”如用沙和沙丘进行海滩养护。保护沿海的成本依不同的假定而不同，如受保护的海岸线的范围、建筑类型、时间及其完成情况 (受海平面上升的影响)以及折扣率。这些因子的假定不同，到2100年海平面上升0.5m时，美国海岸保护性费用范围估计达到200亿美元至1500亿美元不等，该数字根据现在的价格计算。

3.32 **气候变化对发展、可持续和公平预计会产生负面影响。**

3.33 **气候变化的影响对那些最贫穷国家和国家内的最贫穷人口是不均衡的，因此，加剧了人们在健康状况以及拥有足够的食物、净水和其他资源方面的不公平。**正如所提到的，气候变化将普遍使发展中国家的人口在人类健康、水供应、农业生产力、财产以及其他资源方面处于相对较高的负面影响风险之下。贫困、缺乏培训和教育、缺乏基础设施、缺乏技术、收入机会上缺乏多样性、退化的自然资源基础、错误的激励、法律体制不充分、以及急需扶持的公共和私人制度等，都使得最贫穷的发展中国家的适应能力非常低。遭受负面影响加之低的适应能力，使得发展中国家的人们比发达国家人们口的脆弱性更普遍。

WGII TAR 第18.5.1-3节

3.34 **非持续性的资源利用使气候变化的脆弱性增加。**将自然栖息地转为人类利用、对环境中资源的高收获率、不能防止土地退化的耕作和放牧活动、空气和水污染等使系统适应变异或气候变化的能力降低，以及系统退化后的恢复弹力都降低。这些压力使得系统以及依赖于系统而提供食物、服务和生活的人们对气候变化高度脆弱。目前，在发达国家和发展中国家都存在着这种压力，但对于发

WGII TAR 第1.2.2, 4.7, 5.1, 6.3.4, & 6.4.4节

展中国家，要达到满意的发展目标而又不对系统施加不可持续发展的压力，更是一种两难选择。

3.35 **与气候变化有关的灾害能够削弱可持续发展的进程。**更频繁和更严重的干旱能够加剧土地退化。暴雨事件增加可以使洪水、滑坡以及泥石流增加，而由此产生的破坏在某些情况下能使多年的发展努力付诸东流。健康和营养状况的进步在某些情况下会因气候变化对人类健康和农业的影响而倒退。这些灾害由于在那些处于动态和不稳定的区域(如洪积平原、障碍性海滩、低地沿海以及毁林的陡坡)的进一步发展将加剧。

WGII TAR 第18.6.1节

3.36 **如果不予重视，气候变化能使一些发展规划的作用减小。**发展规划通常包括为管理那些气候敏感性的资源在基础设施、公共机构、人力资本等方面的投入，这些敏感性资源有水、水电、农业土地以及森林等。这些规划的实施受气候变化和气候变异性增加的影响，但是，这些影响因子在规划设计过程中被考虑得很少。分析表明，规划完成的弹性较大，在某些情况下，适度增加投入会使规划在一系列的气候条件下都能很好地得到完成，而且由于目前气候变异产生的风险较大，较大的弹性会带来直接的价值。

WGII TAR 第 18.6.1节

3.37 **提高适应气候变化的能力的许多要求与促进可持续发展的要求是一致的。**一般提高适应能力和可持续发展需求的例子包括增加资源增量和减少不公平、减少贫困、改善教育和培训、投资兴建基础设施、关注地方资源管理，以及提高体制的能力和效率。另外，主动减慢栖息地转化、更好地管理采收活动以便能够较好地保护资源、采用保护土壤的耕作和放牧措施，以及更好地调节污染物排放，均可减少气候变化导致的脆弱性，使资源利用朝着更可持续的方向发展。

WGII TAR第18.6.1节

问题4

我们所了解的大气中温室气体含量和气溶胶浓度增加所产生的影响以及对人类活动引起的全球和区域气候变化的预测：

a. 气候脉动的频率和幅度如何？这些气候脉动包括逐日、季节、年际和年代际变率，如ENSO循环及其他。
b. 诸如热浪、干旱、洪涝、暴雨、雪崩、风暴、龙卷和热带气旋等这些极端事件的生命期长度、发生地、频率和强度如何？
c. 在温室气体的源和汇、大洋环流以及极冰和永冻土的范围中或其他现象中是否存在发生突变/非线性变化的风险？若有，那么这种风险能否量化？
d. 生态系统中是否存在发生突变或非线性变化的风险？

4.1 这里的回答集中在气候脉动的频率和幅度的预测变化问题上，这是由于大气中温室气体含量和气溶胶浓度的增加所引起的。对气候极值的频率、强度和生命期长度等问题做了特别强调，这些问题代表了对于生态系统与社会经济部门而言重要的气候变化风险。生态系统中可能的突变/非线性变化在这里作了讨论；而物理、生物和社会系统中的缓慢变化则在问题3中讨论。

4.2 **模式预测，大气中温室气体含量的增加将导致日、季节、年际和年代际变率发生变化。**预计在许多地区日温差将下降，伴随着夜间最低温度的上升将强于白天最高温度。一些模式显示在北半球陆地冬季气温的日变率减小，而夏季日变率将升高。现在的预测表明，未来100年内厄尔尼诺事件几乎不发生变化或只在强度上略有增加。许多模式表明在热带太平洋将出现更类似厄尔尼诺的平均状况，伴随着赤道中、东太平洋海表温度将较赤道西太平洋变得更暖而且相应地降水型将东移。即使厄尔尼诺强度只有微小的变化或不发生改变，全球变暖也可能导致更严重的干燥和暴雨的极端事件，而且使得许多不同地区与厄尔尼诺事件相关的干旱和洪涝的风险增加。而对于自然出现的海洋-气环流型如北大西洋涛动等的频率和结构会如何变化问题则没有明显的一致性。

WGI TAR 第节 9.3.5-6节, & WGII TAR 第 14.1.3节

4.3 **极端天气和气候事件的生命期长度、发生地、频率以及强度将可能或非常可能发生变化，而且极可能对生物系统带来负面影响。**

4.4 在全球气候及其短期（日、年内和年际）变化和较长期（年代际）变化中，自然环流型如ENSO和北大西洋涛动起着根本性的作用。气候变化既可以通过平均值的改变也可以通过明确的气候环流型的改变而使自身得到充分体现，这些变化会引起气候变量极端值的方差和频率发生改变（见图4-1）。

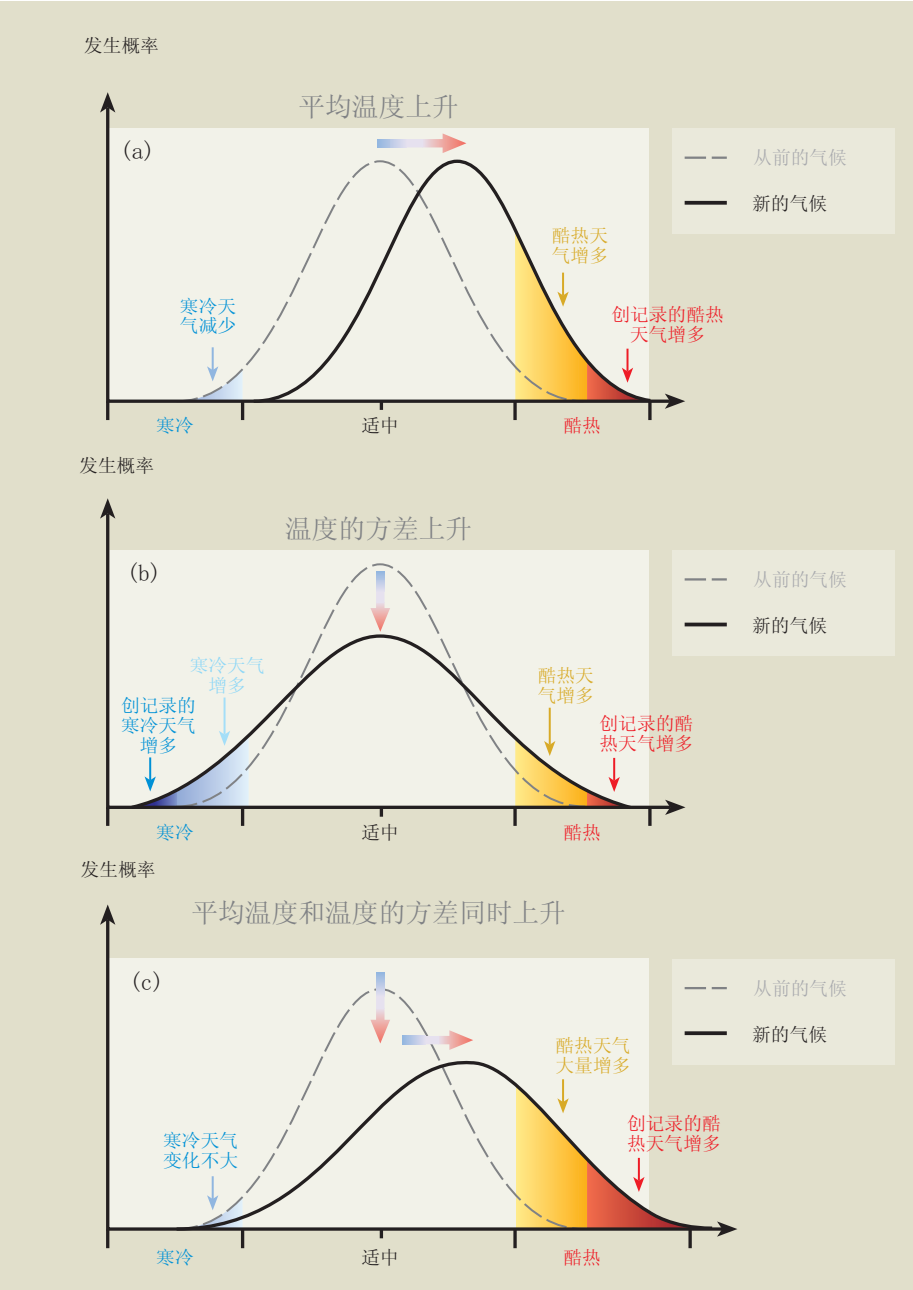
WGI TAR 第 1.2 & 2.7节

4.5 **在几乎所有的陆地，非常可能出现酷热日数和热浪增多，而寒冷日数和霜冻日数减少。**平均温度的增大将导致酷热天气和创记录的酷热天气增多，而霜冻日数和寒潮减少（见图4-1a,b）。许多模式的结果显示，在北半球陆地地区，冬季气温的逐日变率表现为总体下降，而夏季的日变率上升。温度极值的这些变化将可能导致作物和家禽的损失、降温的能耗增加和取暖的能耗减少、人口发病率和与热协迫有关的死亡率上升（见图4-1）。霜冻日数的减少将使得与冷天气相关的人口发病率和死亡率降低，以及一些作物遭受损失的风险减少，尽管对某些其他作物而言这种风险可能是增加的。在许多温带国家，由于温度的小幅度上升带来的农业收益可能使得国内生产总值（GDP）出现小幅度的增加。

WGI TAR 第9.3.6 & 10.3.2节, & WGII TAR 第 5.3, 9.4.2, & 19.5节

4.6 **极端降水事件的量级和频率在许多地区非常可能上升，**而且极端降水事件的间歇期预计将缩短。这就可能导致更频繁的洪水和山体滑坡，并伴随人员伤亡、健康受到影响（如流行病、传染病、食物中毒）、财产损失、基础设施和房屋的损失、土壤流失、污染物、保险和农业在其他方面的损失。内陆地区夏季的总体干燥形势将可能导致夏季干旱增多并使得荒火的风险增加。这种总体干燥应该归因于温度的升高和可能蒸发率的增强之间的共同作用，而这种共同作用并未被降水的增多所平衡。全球变暖将可能导致亚洲夏季风降水的变率增大。

WGI TAR第 9.3.6节 & WGII TAR 第 4.3.8, 9.5.3, 9.7.10, & 9.8节



WGI TAR 图 2.32

图4-1：对极端温度的影响作用示意图 （a）平均温度升高引起更多创记录的酷热天气；（b）方差增大引发更多创记录的酷热天气；（c）平均温度升高且方差增大导致更多创记录的酷热天气。

4.7 **高分辨率的模拟研究表明在一些地区，热带气旋的最大风强将可能增加**5-10%，同时降水率可能增加20-30%，但是，没有研究认为热带气旋的发生地将发生改变。对于热带气旋频率则几乎没有一致的模拟结果。

WGI TAR 框 10.2

4.8 **缺乏足够的信息来确信小尺度现象将如何变化。**很小尺度的天气现象如雷暴、龙卷、冰雹、雹暴和闪电等是不能用全球模式来模拟的。

WGI TAR 第 9.3.6节

4.9 **21世纪的温室气体强迫将在之后几十年至上千年内在物理和生物系统中引发大尺度、高影响、非线性和可能为突变的变化，其可信度范围较大。**

表 4-1 气候变率、极端气候事件及其影响举例（WGII TAR 表 SPM-1）。

21世纪极端气候现象的预测变化及其可能性	可能影响的代表性例子[a]（在一些地区发生全部达到高信度）
在几乎所有陆面最高温度上升，酷热日数和热浪增多[b]（非常可能）	对于老龄群体和城市贫困人口，死亡和严重疾病的发生增多。 对于家禽和野生动物，热风险增加。 旅游景点变迁。 许多作物遭受损失的风险增加。 电力降温的需求增多且能源可供给量减少。
在几乎所有陆面最低温度上升，寒冷日数、霜冻日数和寒潮增多[b]（非常可能）	人类与寒冷有关的发病率和死亡率下降。 许多作物遭受损失的风险减少，而其他作物遭受损失的风险增加。 某些害虫和疾病传播体的范围扩大、活动更广。 加热能源需求下降。
强降水事件增多（非常可能，在许多地区）	洪水、滑坡、雪崩和泥石流的损失增加。 土壤流失增加。 增多的洪水径流对一些漫滩蓄水层水量的补充增加。 政府和私人的洪灾保险系统及减灾的压力增加。
在中纬度内陆大部地区夏季干燥增多，相应的干旱风险增加（可能）	作物产量下降。 由于土地减少使得建筑基地的破坏增加。 水资源总量减少、质量下降。 森林火灾的风险增多。
热带气旋最大风强、平均和最大雨强增强（可能，在许多地区）[c]	对人类生活的风险、传染性疾病蔓延的风险和其他许多风险增加。 海岸流失以及海岸建筑和基础设施的破坏增加。 海岸生态系统如珊瑚礁和红树林的破坏增加。
在许多不同地区，与厄尔尼诺事件有关的干旱和洪涝强度增强（可能） （也可参见下栏的干旱和强降水事件）	在受干旱和洪涝影响的地区，农场和牧场的产量下降。 在受干旱影响的地区，水力发电潜力下降。
亚洲夏季风降水变率增大（可能）	在亚洲的温带和热带地区，洪涝和干旱的程度和损失增加。
中纬度风暴的强度增强（目前的模式几乎没有多少一致性）[b]	对人类生活和健康的风险增加。 财产和基础设施的损失增加。 海岸生态系统的破坏增加。

[a] 通过适当的响应措施，这些影响可以得到减轻。
[b] 信息来自《第三次评估报告》第一工作组技术总结（F.5部分）。
[c] 热带气旋的区域分布可能会发生变化，但目前尚未出现。

WGI TAR 第 7.3, 9.3.4, & 11.5.4节; WGII TAR 第 5.2 & 5.8节; & SRLULUCF 第 3 & 4章

4.10 气候系统包含许多通过复杂的非线性方式相互作用的过程，这些过程能引起气候系统中在系统受扰动充分时可能超越的那些临界值升高(甚至可能是突变)。这些突变和其他非线性变化包括来自陆地生态系统因气候引起的温室气体排放的大量增加、温盐环流（THC, 见图4-2）的崩溃、南极冰盖和格陵兰冰盖的锐减。其中的一些变化在21世纪发生的可能性很低；然而，21世纪的温室气体强迫将可能引起某些改变并由此导致在此后的几个世纪里出现这类变化（见问题5）。其中的一些变化（如对于THC）在世纪到千年尺度内可能是不可逆的。在有关这类变化的内在机制和可能性或时间尺度上目前还存在相当大的不确定性；然而，来自极地冰芯的证据表明，近些年大气系统一直在发生变化，而且大尺度的半球性变化也将在几十年内迅速发生并对生物物理系统产生大的后果。

WGII TAR 第 5.2, 5.8, & 5.9节; & SRLULUCF 第 3 & 4章

4.11 **在21世纪可能出现因为土壤和植被的大尺度变化而导致由气候原因引起的温室气体排放的大量增加。**与其他环境强迫和人类活动之间相互作用的全球变暖将

导致目前生态系统的迅速崩溃。这样的例子包括冻土带、北方和热带的森林以及与它们相连的使它们更易于发生火灾的草地的干化。通过增加来源于植物和土壤的二氧化碳和其他温室气体的排放以及表面特性和反照率的改变，这类崩溃可以引起进一步的气候变化。

WGI TAR 第 4.2.1.1节

4.12 **来源于无论是大气中化学汇的减少还是埋藏的CH_4淤积物的释放，大气中的CH_4都决不可能大量、迅速地增加。**在所有SRES情景中，都不发生可能与对流层污染物的大量释放相伴出现CH_4生命时间的迅速增长的情形。埋藏在永冻土下的固体水合物和海洋沉积物中的甲烷储量是庞大的，超过目前大气中含量的一千倍。在全球变暖引起水合物分解并释放大量甲烷的过程中，将可能发生预期的气候反馈；然而，从固态释放出来的大部分甲烷气体在沉积物和水体中就已经被细菌分解掉，从而限制了排放到大气中的总量，除非有爆炸似的强烈的释放发生。这个机制目前还没

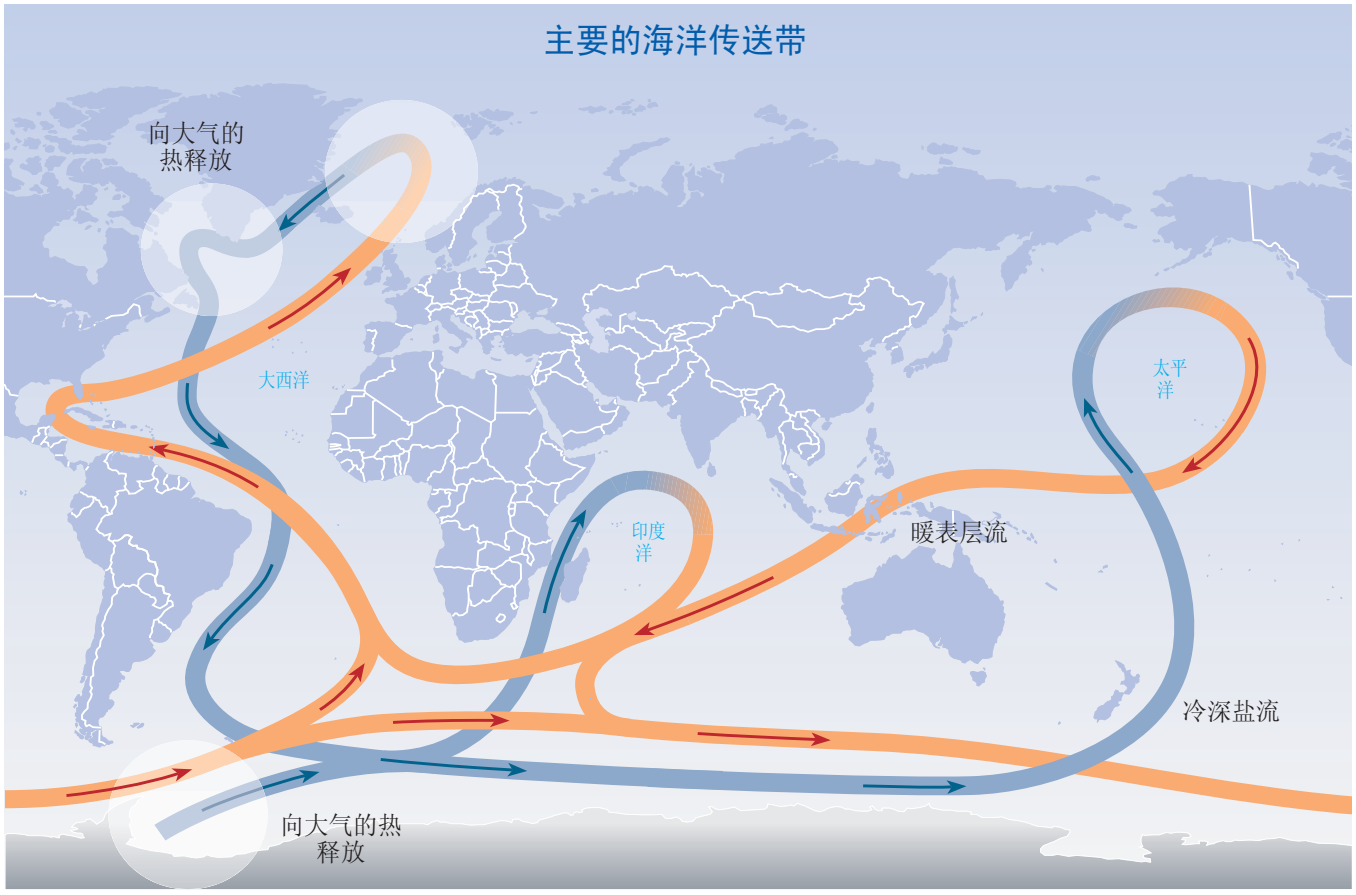


图4-2：世界海洋中的全球环流系统示意图。全球环流系统由各大海盆中主要的南-北温盐环流路径与大西洋的绕极环流汇合而构成。暖的表层流和冷的深层流在大西洋和环南极洲（蓝色）的一些高纬深水区相连接，正是在这些地区出现海洋和大气间的主要热交换。该洋流系统对热传输及其再分布起到了实质性的作用（如北大西洋中的向极流使得西北欧洲变暖高达10°C）。模式模拟指出，该环流系统的北大西洋分支对于大气0温+度和水循环的变化特别脆弱。由全球变暖带来的这些不稳定性，可以破坏这个对区域–半球气候具有强烈影响的环流系统。注意这是一个示意图，它并不能指示来自部分THC的水流的确切位置。

有实现量化，但是现在没有观测来证明，在过去50,000年里大气甲烷的记录中出现过迅速、大量的甲烷释放。

4.13 **多数模式预测，导致流向欧洲高纬地区热传输减少的海洋温盐环流正在减弱（见图4-2）。**然而，即使是在温盐环流减弱的模式中，仍然反映出欧洲正在变暖，原因在于温室气体浓度的增加。目前的预测结果并不表明温盐环流会在2100年之前完全关闭。一些证据显示，只有在辐射强迫的变化足够大而且能维持时间足够长的情况下，在2100年以后，温盐环流才会在两半球彻底而且可能是非可逆地关闭。模式指出，温盐环流的减弱将降低它自身向不稳定状态的发展（即一经减弱的温盐环流会表现为更不稳定，因而它的关闭就变得更加可能）。

WGI TAR SPM & WGI TAR 第 7.3 & 9.3.4 节

4.14 **南极冰盖在21世纪在总量上可能略有增加。然而，西南极冰盖在未来1000年内将减少同时海平面将相应上升数米，但是关于下垫面的某些过程目前还不完全清楚。**由于西南极冰盖（WAIS）的地基面在海平面以下，有关它的稳定性问题已经涉及过。然而，源于这一原因的地基冰架的削弱引起海平面的实质性上升普遍认为不可能在21世纪发生。目前的气候和冰动力模式预测表明，在未来100年内，南极冰盖整体上可能会因为预计的降水量增加而总量增多，并对海平面的变化有下降几厘米的贡献。在未来1000年内，这些模式预测西南极冰盖将会引起海平面上升高达3米。

WGI TAR S第 11.5.4节

4.15 **格陵兰冰盖总量在21世纪可能减少并且使海平面升高几厘米。**在21世纪，由于预计增加的径流量将会超过降水增量，格陵兰冰盖总量将可能减少，并对总的海平面上升贡献最多达10厘米。在气候达到稳定后的数以千计的时间尺度内，冰盖还将继续反作用于气候变暖并对海平面上升产生贡献。气候模式指出格陵兰的局地变暖可能是全球平均的1~3倍。冰盖模式预测如果超过3°C的局地变暖持续数千年，将导致格陵兰冰盖的完全融化并造成海平面上升大约7米。如果5.5°C的局地变暖持续1000年，格陵兰的贡献将可能造成大约3米的海平面上升（见问题3）。

WGI TAR 第 11.5.4节

4.16 **永冻土的温度、表面形态学及其分布预计将在21世纪发生明显变化。**目前，永冻土占据了北半球24.5%的裸露陆地。在气候变暖情况下，许多永冻土地区将趋于减退，特别是对于那些相对温暖的和不连续的永冻土地区。北半球的永冻土面积最终将较现在减少12-22%，并使加拿大现有的永冻土区域消失一半。在21世纪后期，永冻土南界线的变化将十分明显，但是一些厚冰盖永冻土仍将继续残存成百上千年。厚冰盖永冻土的融化可能会伴随着冰质量的转移和表面的消失，这将可能引起水中沉降物增多和导致对发达地区的基础设施的破坏。依赖于降水时段和排水条件，永冻土的退化会引起温室气体释放，从森林到沼泽地、草原或湿地生态系统的变化，并引起土地流失问题和滑坡。

WGII TAR 第 16.1-2节

4.17 **在21世纪，许多自然的和人为的生态系统将可能发生突变或非线性变化。变化的幅度和速度越大，则负面影响的风险越大。**

WGII TAR 第 5.2, 6.4.5, & 17.2.4节

4.18 **变化会增加在许多生态系统中发生突变和非线性变化的风险，这将影响到这些生态系统的生物多样性、繁殖力和功能。**例如，即使水温持续升高仅仅1.0°C，其自身或再加上任何其他的强迫（如过度的污染和淤积），就能导致珊瑚喷出他们的藻类（珊瑚白化；见图4-3和问题2），并最终导致珊瑚死亡以及可能的生物多样性的破坏。气候变化将使得适宜于一些陆栖和海栖物种的自然环境向极地或适宜于陆栖物种的向更高海拔的山地迁移。增强的不稳定性以及那些对某些物种定居所必需的自然环境和更为特殊的条件的改变将导致陆地和海洋生态系统发生突然而迅速的崩溃，其结果是出现新的植物和动物群体，而这些新群体具有比原先更少的生物多样性、更参杂的物种和增高的生物绝种的风险性（见问题3）。

4.19 **生态系统中存在许多相互作用的非线性过程，并因此容易发生突变和临界效应，这是由主导变量如气候中相对小的变化所引起的。**例如：

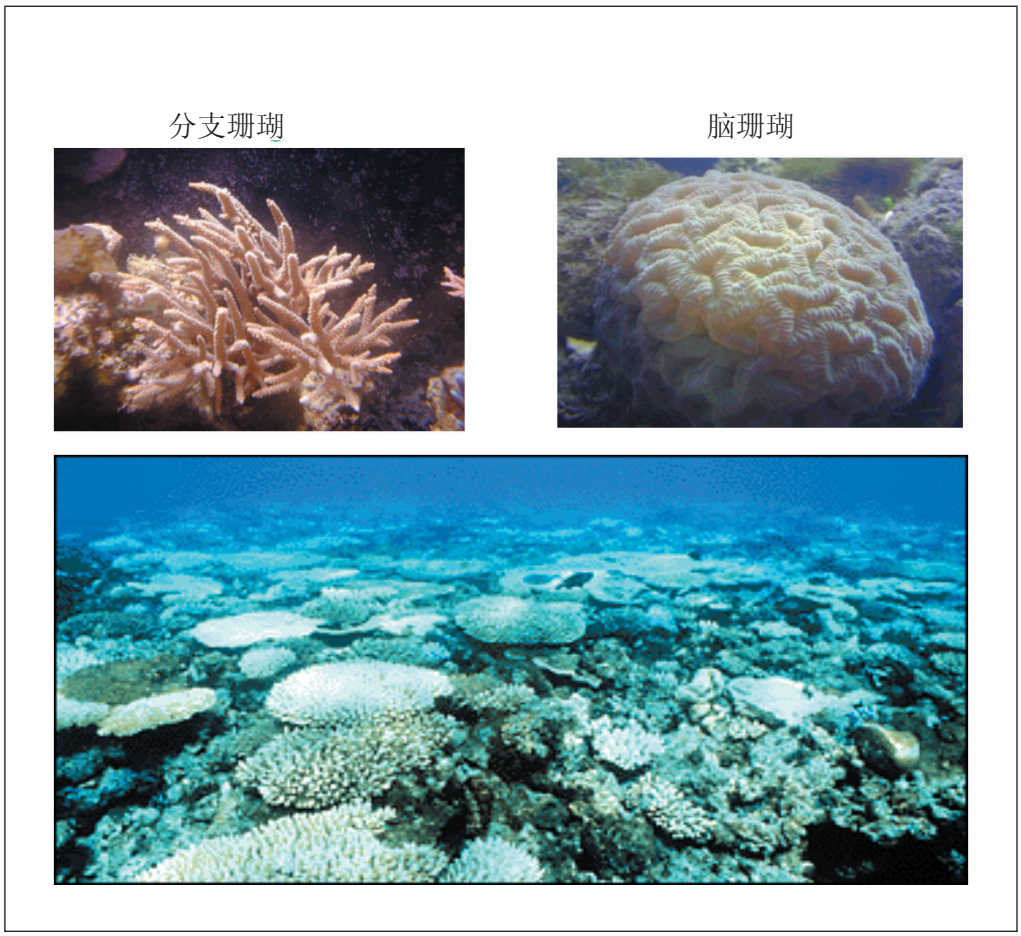


图4-3：珊瑚多样性受影响之情形：当海表温度升高时珊瑚因严重受到影响而出现分支珊瑚（如滞角质珊瑚）减少或局地绝迹时，以及在主要珊瑚（如脑珊瑚）增多时。

WGII TAR 第 17.2.4节

- 在作物的关键生长期内，如果温度升高超过某一临界值，就会影响作物的生长发育进而导致作物严重减产，而临界值本身是随作物和品种的不同而变化的。有关危害临界值影响作物关键生长期的例子有：水稻小穗不孕（在水稻开花和授粉过程中，如果温度大于35 ℃超过1 小时，将严重影响花的形成，并最终致使减产）；玉米花粉的活性降低（>35℃）；小麦灌浆终止（当温度>30℃超过8小时）；土豆的块茎形成及生长受阻（>20℃）。如果温度超过了危害临界值，即使持续时间很短，也会造成这些作物严重减产。

WGII SAR 第 13.2.2 & 13.6.2节

- 红树林位于海洋和陆地的交界带，这是由于来自海洋的侵蚀过程和来自陆地的淤积过程之间的平衡所产生的。海洋的侵蚀过程预计会随着海平面的上升而增强，而淤积过程也会通过气候变化和其他人类活动（如沿海的发展）而变强。因此，对红树林的最终影响将取决于这两个过程之间的平衡，这个平衡将决定红树林系统是否向陆地或向海洋迁移。

WGII TAR 第 5.3, 10.2.2, 15.2, & 17.2节

4.19 **植被的大尺度变化可能会影响区域气候。**类似由陆地面积引起的地表特征的变化会改变能量、水和气体通量，并会影响到大气成分，正是这些大气成分引起了局地和区域气候的变化并由此改变了不稳定的状态（如北冰洋）。在没有地表水的地区（典型的半干旱或干旱区），水汽传输和反射率影响着局地水循环，因此植被的减少会导致局地/区域尺度的降水减少并改变干旱的频率和持续性。

WGII TAR 第 1.3.1, 5.2, 5.9, 10.2.6.3, 13.2.2, 13.6.2, & 14.2.1节

问题5

问题5

对与气候系统、生态系统和社会-经济部门的变化及其相互作用有关的惯性和时间尺度问题的认识程度如何?

框 5-1 时间尺度和惯性。

在《第三次评估报告》（TAR）中涉及的所有学科里，"时间尺度"和"惯性"两个术语没有普遍接受的定义。为回答本问题，使用了以下的定义：

- "时间尺度"是指过程中的某一扰动所需要的时间，它至少能展示出50%的最终结果，图5-1表示了一些重要的地球系统过程的时间尺度。
- "惯性"是指气候系统、生态系统或人类系统对改变其变化速率作用因子响应的滞后、迟钝或抗拒，包括引起变化的原因去除后系统的变化仍在持续。

此处只是所引用文献中用来描述复杂的、非线性的、适应性的系统对外部强迫响应若干概念中的两个概念。

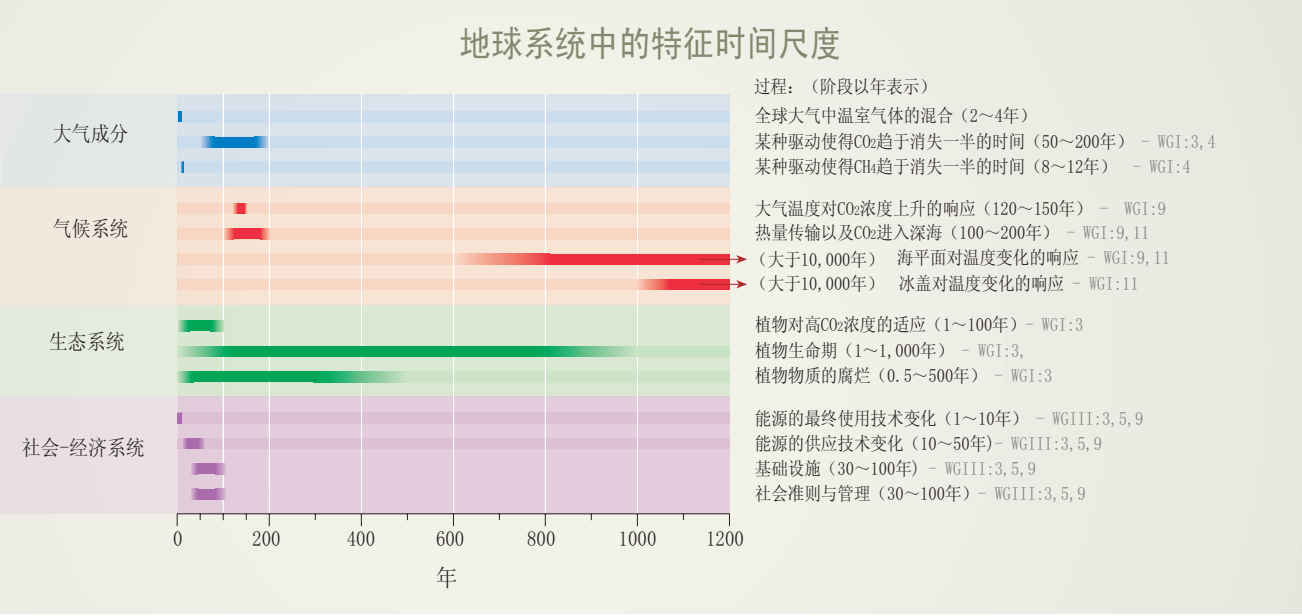


图5-1：地球系统中一些关键过程的特征时间尺度：大气成分（蓝色）、气候系统（红色）、生态系统（绿色）和社会-经济系统（紫色）。这里定义的"时间尺度"指的是对要表述过程的某一驱动力所引起的至少一半某种变化结果所需的时间。当响应过程（例如一些植物的寿命）比驱动过程（温度的变化）慢很多时，就会出现适应的问题。因为某一代人活动的大部分后果要由后代人来承担，对时间尺度大于一代人时间的所有过程，就会出现代际间的公平问题。

WGI TAR 第3, 4, 7, & 11章, WGII TAR 第 5章, & WGIII TAR 第 5, 6, & 10章

5.1 本回答讨论与相互作用的气候、生态和社会-经济系统中重要过程有关的惯性和不同时间尺度，并给出一些例子。然后讨论可能是不可逆的变化--即指引起变化的驱动强迫减少或消失后，在若干代人的时间尺度上气候、生态和社会-经济系统的某些部分无法回复到原先状态的情形。最后探讨惯性作用怎样影响与减缓和适应气候变化有关的决定。

5.2 **惯性是广泛地存在于相互作用的气候、生态和社会经济系统中的固有特性。因此，气候变化在到达相应的阈值之前，其位置尚未被很好了解，假如气候变化的变率和幅度没有受到控制的话，某些人为引起的气候变化影响可能会慢慢变得明显起来，而另外一些影响可能会变得不可逆。**

5.3 **各种不同分量过程相互作用的惯性的综合效应，是指在人为温室气体排放减少**

WGI TAR 第 3.2, 3.7, & 4.2节, & WGI TAR 图 9.16

后，气候以及受影响的气候系统只有在很长时间里才可能达到稳定。自1750年来人类活动导致CO_2释放引起的大气和海洋扰动将持续几百年，这是因为与巨大的海洋库和陆地库间缓慢交换所引起的碳再分配过程较慢的缘故（见图5-2和5-4）。因为自然过程只能在地质时间尺度上使浓度恢复到工业化前的水平，因此预计未来大气CO_2浓度将在数百年里维持在几乎是所达到的最高水平上。相反，短生命期的温室气体，如甲烷（CH_4）的稳定排放将在几十年内使其大气浓度达到稳定。惯性的意义也表明，避免长生命期温室气体的排放有着长期的效益。

WGI TAR μ7.3, 7.5, & 11.5.4节, & WGI TAR 图 9.1, 9.24, & 11.16

5.4 **海洋和冰雪圈（冰盖、冰原、冰川和永冻层）是形成气候系统在千年时间尺度上的物理惯性的主要原因。**由于海洋和冰雪圈的巨大质量、厚度和热容量以及缓慢的热量输送过程，海洋-气候耦合模式预测，在辐射强迫变化之后，近地表大气的平均温度要用几百年的时间才能最终接近“平衡”温度。热量从大气进入海洋表层即“混合层”一般要几十年，但热量进入深海的传输则需要几百年。其相应的后果是，即使在大气浓度稳定之后，人类引起的海平面升高也将无情地持续几百年。

WGI TAR 第 3.2.3.2, 3.7.3, & 9.3.3.1节

5.5 **大气CO_2的稳定目标越低，降低CO_2排放来满足其目标的时间就需要越早。**如果

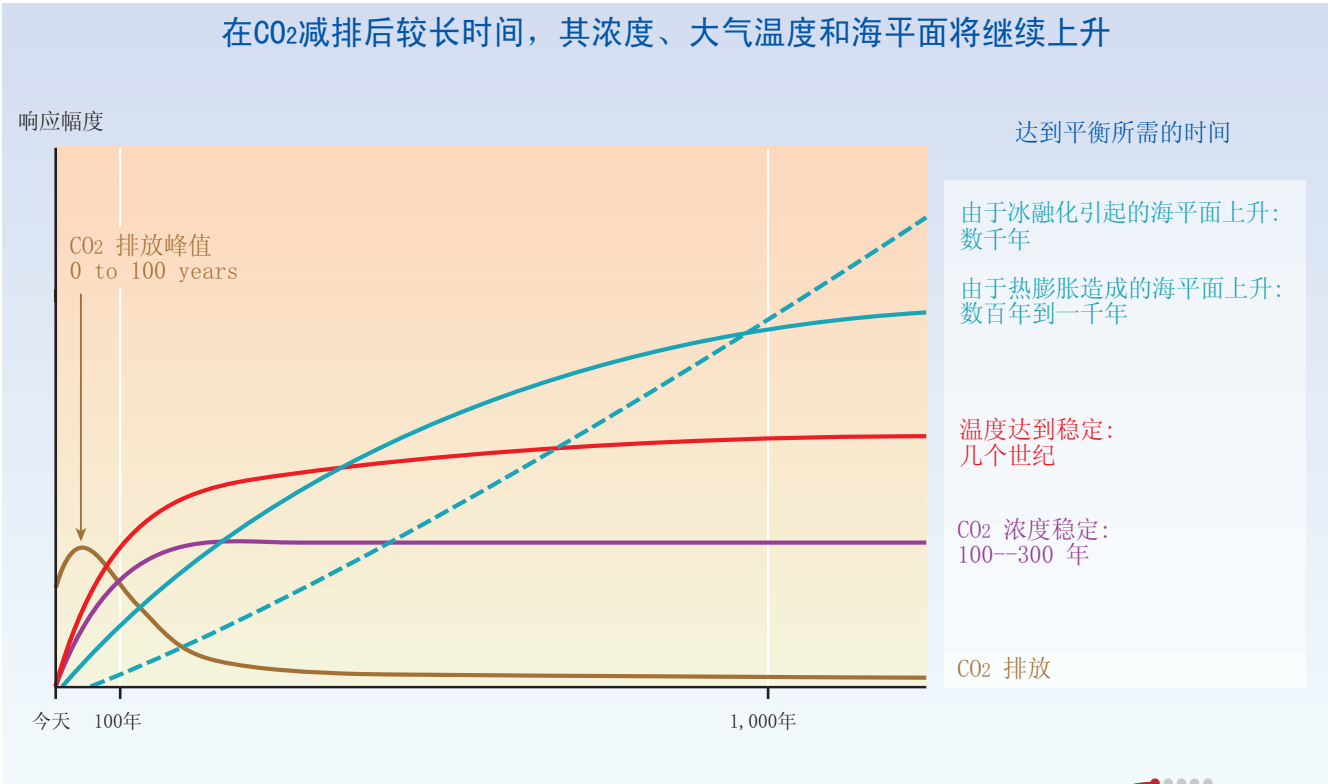


图5-2：在CO_2减排及大气浓度稳定后，近地表气温还将在一百多年时间里继续以每百年升高零点几度的速度增加。在实现CO_2排减后，海洋的热膨胀将持续很长一段时间，冰原的融化在几百年内将继续对海平面上升产生影响。该图只是对稳定在450-1000ppm间的任一水平的一般性描述，因此在响应幅度坐标轴上没有标注单位。在这个范围内对稳定轨迹的响应表明非常相似的时间进程，然而在高CO_2浓度下，其影响却很大。

WGI TAR 第 3.7, 9.3, & 11.5节, & WGI TAR 图 3.13, 9.16, 9.19, 11.15, & 11.16

排放维持在目前水平，碳循环模式表明大气CO_2浓度将继续上升（见图5-3）。

- CO_2浓度稳定在任一水平都需要全球净排放最终降低到目前排放水平的一小部分。
- CO_2浓度稳定在450ppm，650ppm或1000ppm将要求全球人为排放的CO_2分别在几十年、大约一百年或大约二百年降低到1990年的水平以下，之后继续稳定地降低（见图6-1）。

这些时间范围限制部分是由于海洋吸收CO_2的速率决定的，这是因为表层和深层海水间缓慢的碳传输过程造成的。海洋有足够大的吸收能力来吸收可预计的人类活动释放到大气中的CO_2的70%-80%，然而这需要几百年的时间。在5000年时间范围里，海洋沉积物的化学反应有潜力进一步去掉15%的CO_2。

5.6 **生物圈中碳吸收和碳释放之间的滞后表现为一种暂时的净碳吸收。**全球碳循环中的主要过程有差别很大的特征时间尺度（见图5-1和5-4）。过去几十年里形成的陆地净碳吸收，部分是植物最终死亡和腐烂时碳的光合吸收和释放过程中时间滞后的产物。一个例子是，上个世纪北半球在被荒弃的农田上森林再生所导致的吸收将随着森林达到成熟生物量、生长减缓和死亡增加而减少。由于CO_2的浓度增加或氮的沉降，植物碳吸收将最终达到饱和，然后不断增加的生物量的分解过程赶上来。气候变化可能会增加未来的扰动和分解速率。一些模式预测，最近全球陆地净碳吸收将达到峰值，而后保持不变或下降。根据几个模式的预测，可能会在21世纪里通过这一峰值。对几十年后全球陆地与大气的碳交换的预测还存在不确定性（图5-5）。

WGI TAR 第 3.2.2-3 & 3.7.1-2节, & WGI TAR 图 3.10

5.7 尽管增暖减少了海洋对CO_2的吸收，但是预计在大气CO_2浓度继续升高的情况下，海洋的净碳吸收至少要持续到二十一世纪。碳从海洋表层到深海的迁移要花费几百年，而与海洋沉积物达到平衡则需要几千年。

WGI TAR 第 3.2.3 & 3.7.2节, & WGI TAR 图3.10c,d

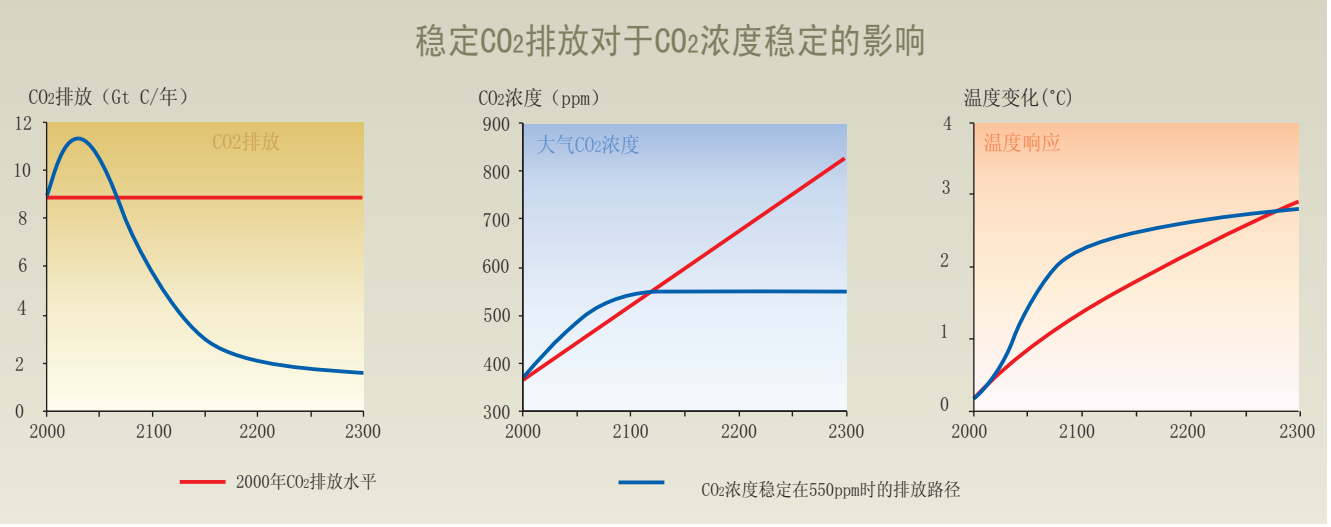


图5-3：将CO_2排放稳定在现有水平时，会引起大气CO_2浓度和温度持续升高。大气CO_2浓度和温度变化的稳定最终要求排放降低到目前水平之下。在所有3组线中，红线表示的是将排放稳定在WRE550情景所限定的2000年排放水平上的结果（比2000年的实际排放稍高一些），蓝线是WRE550稳定情景下的排放结果。两种个例只表明：在短期内全球的稳定排放是无法达到的，没有表明WRE550会是比其他情景更好的选择。其他的稳定情景见图6-1。图5-3是构建在《第三次评估报告》第一工作组部分第3和第9章描述的模式上。

WGI TAR 第 3.7 & 9.3节

WGII TAR 第 5.2节

5.8 **当经受快速的气候变化时，由于其内部响应时间的差异生态群落有可能遭到破坏。**生态系统提供服务如在一种可持续基础上维持粮食、木材和生物多样性供应的能力损失可能不会马上表现出来。气候变化可能会对某些重要物种生存产生不利的条件，但在业已存在的植物单体死亡或者因扰动而灭绝前，某些长寿命植物的缓慢而滞后的响应隐藏了这一变化的重要性，例如，对21世纪可能的气候变化，某些森林可能存在这样的情形，在某种林区遭遇火灾、风灾、虫害或采伐后它如同过去再生时，一些物种有可能消失了或被别的物种替代了

WGII TAR SPM 2.7, WGII TAR 第 4.6.4, 18.2-4, & 18.8节, & WGIII TAR 第10.4.2节

5.9 **人类已经显示出适应长期平均气候条件的能力，但在适应气候状况的极端变化和年际变率方面还显得力不从心。**未来100年的气候变化可能会超过至少过去5000年人类社会所经受的任何变化。这些变化的幅度和速率都将给人类以巨大的挑战。社会-经济适应这种变化所需要的时间，可能是数年，也可能是数十年，这取决于部门以及可用于适应这种转变的资源状况。在适应和减缓方面做出决策以及实现这些决策，可能会存在数十年的惯性。事实上，适应和减缓措

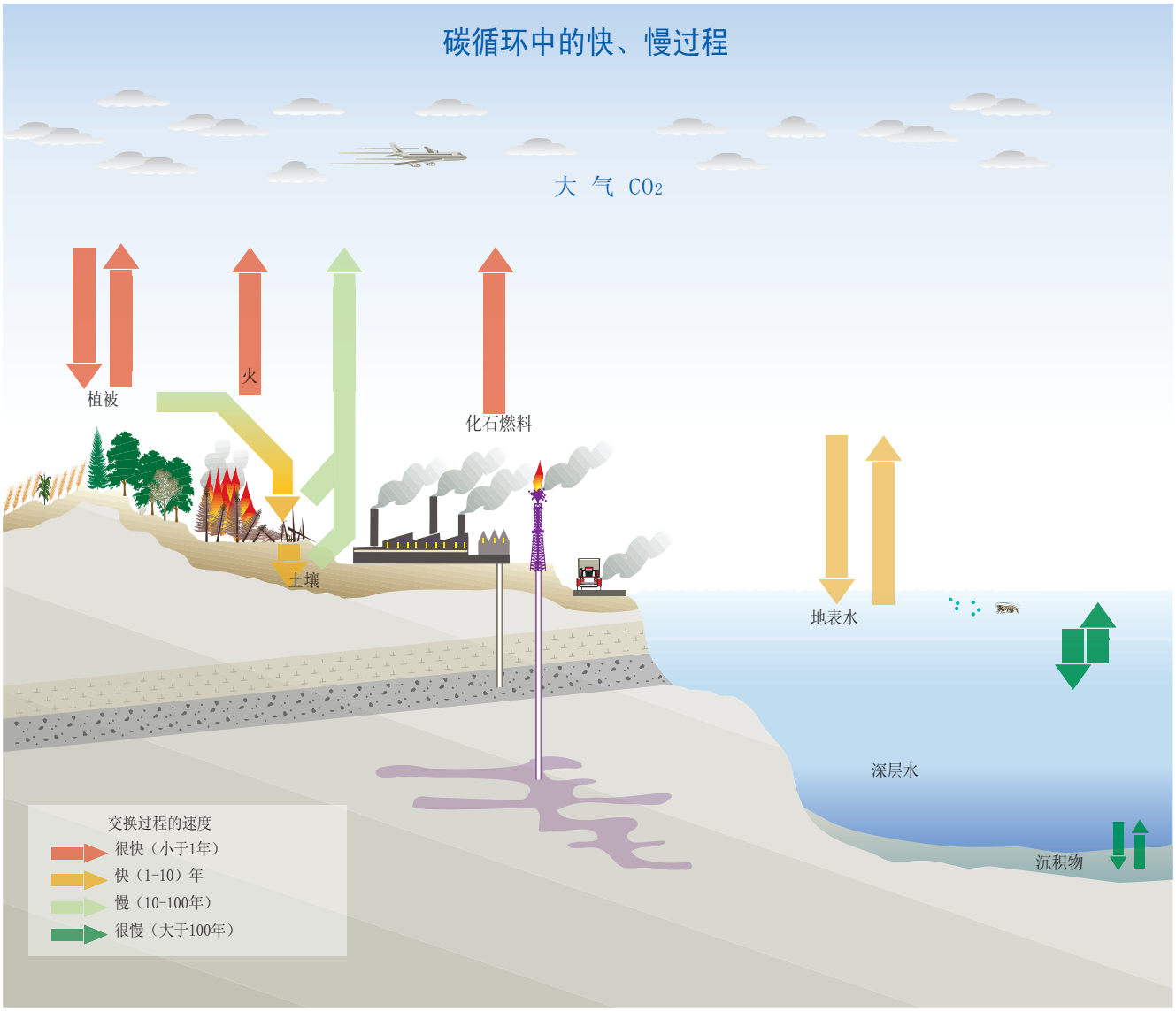
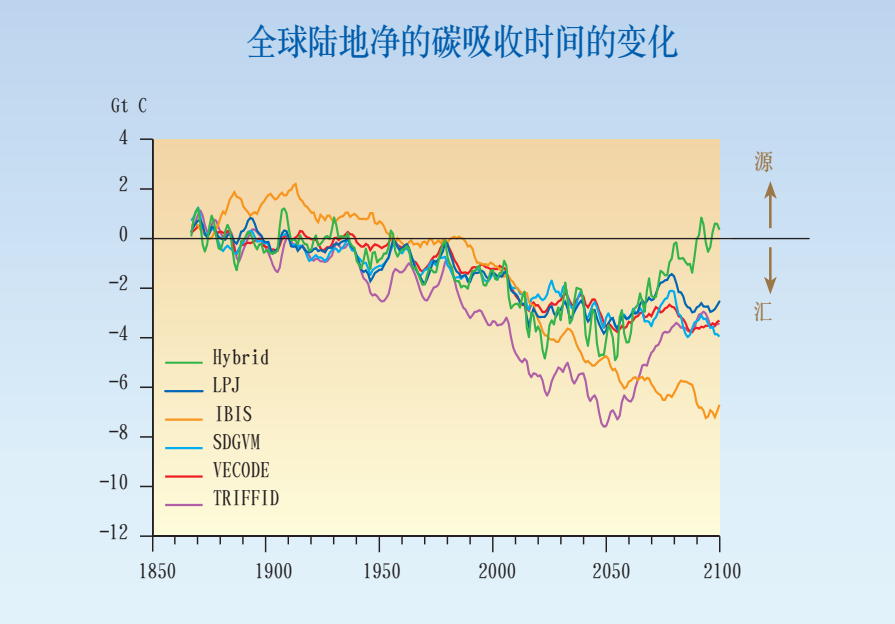


图5-4：全球碳循环中主要过程的时间尺度范围引起在大气CO_2浓度相对1750年平衡水平上继续升高的情况下大气CO_2扰动的不同响应时间范围，并对间歇汇的发展产生影响。



WGI TAR 图 3.10b

图5-5：目前陆地净碳吸收部分是由于植物生长加剧CO_2吸收而形成的，这些碳返回大气前因植物物质和土壤微生物的腐烂而存在着一种时间滞后。一些过程对加速植物生长起作用：土地利用的变化和管理、CO_2和氮的增肥效应以及一些气候变化（例如高纬度较长的生长季）。许多模式（由组中首字母表示）预计，在几十年内净碳吸收的强度将继续增加，在21世纪后期的几年内保持稳定或下降，具体原因如同文字部分。此处引用的模式结果是基于IS92a情景，实际上其他情景的模拟也得到相似的结论。

施通常不是由同一机构做出，这将对确认和执行最可能战略组合带来困难，并推迟采取响应气候变化行动的时间。

5.10 **在察觉到响应重大挑战的需求，并作出计划、进行研究和开发一种解决方案并实现它之间，通常存在着几年到几十年的时间滞后。**通过深谋远虑来预测需求，并提前进行技术开发，可以缩短这种延滞。从历史上来看，技术开发对能源价格变化的响应是非常快的（一般地，在价格冲击与利用专利活动及引进新型技术以做出响应之间的时间，不超过5年），但其扩散需要更长的时间。扩散的速度通常取决于原有设备更新换代的速度。不盲目地固守现有的低效率技术，尽早合理采用迅速改进的技术，将使“学习曲线”的成本降低（边干边学）。技术扩散的速度不仅强烈地依赖于经济上的可行性，而且依赖于社会-经济的压力。对某些技术，如采用新的作物品种，已有的适应手段的可行性以及有关信息将使快速适应成为可能。但是，在许多地区，人口对有限土地和水资源形成压力，政府政策妨碍变革，或者信息和资金来源有限，将使适应变得困难和缓慢。以频繁出现的干旱等气候变化趋势为例，它们可能与气候变化有关，如果认为它们只是由于自然变化引起的，那么适应气候变化的最佳措施可能会被延误。相反地，如果把气候变率错误地当做趋势，可能采取不良的适应对策。

WGII TAR 第 1.4.1, 12.8.4, & 18.3.5节, & WGIII TAR 第 3.2, 5.3.1, & 10.4节

5.11 **社会结构和个人价值同与之融合在一起的社会的物质基础、机构和技术互相影响，这一综合系统的演变相当缓慢。**这是特别明显的，例如，与城市规划设计和基础设施对取暖、空调及运输等能源消费有关的影响。由于支撑基础设施的投资问题，市场时常固守在次优的技术与技能上，而这将影响替代方案的采用。许多技术革新的普及，需要面对人们传统的爱好以及其他社会和文化的障碍。除非优势非常明显，否则与一些技术使用者有关的社会或行为变化可能要经历几十年。能源使用和减缓温室气体，对大多数人的日常生活来讲，都属于枝节性的事情。人们消费模式不仅受人口、经济及技术变化、可利用资源、基

WGIII TAR 第 3.2, 3.8.6, 5.2-3, & 10.3节, SRTT SPM, & SRTT 第 4 ES章

础设施和时间范围限制的驱动，而且受动机、习惯、需求、义务、社会结构等其他因素的驱动。

5.12 **社会和经济的时间尺度并不是固定不变的：它们对社会和经济驱动力敏感，可以通过政策行动和个人选择来改变。**行为和技术的变化在一些严重的经济状况下可能变化得很快。例如，20世纪70年代的石油危机触发了整个社会对节约能源和替代能源的兴趣，大部分经合组织国家经济完全偏离了能源消费和经济发展增长速度之间的传统联系（图5-6）。另外一个例子是，1988年由于前苏联国家经济崩溃所引起的CO_2排放的明显减少。在两个例子中响应是很快的（在几年内）。当对变化的压力小而惯性大时，相反的情形也明显存在。在《排放情景特别报告》的情景中，已经隐含地假定了这一点，因为这些情景不考虑重大压力的情形，诸如经济衰退、大范围冲突或者粮食储备锐减和与之相关的人类灾难，从本质讲它们都难以预测。

WGIII TAR第 2章, WGIII TAR 第 3.2 & 10.1.4.3节, & WGII SAR 第 20.1节

5.13 **只有在碳强度和/或能源强度上进行前所未有的削减，才可能使大气CO_2浓度稳定在600ppm以下。**这就意味着，必须转变到另一条发展道路上，它有强调环境制约的社会、机制和技术的新结构。历史上，能源强度（每单位GDP所用的能源）的改善很慢，这反映出大多数技术发明者与使用者将能源效率改进放在较低的优先位置上，而在1980-1992年间劳动生产率提高较快。从历史记录来看，全球能源强度改进的年增长率（每年为1%-1.5%）必须加快并且保持相当长时间，才能使CO_2浓度稳定在600ppm或更低（图5-7）。碳强度(每单位能源生产的碳)的减少速率将最终变化得更多[例如每年达到1.5%以上（历史基准线是每年0.3%-0.4%）]。事实上，能源强度和碳强度都有可能继续改进，但是将温室气体稳定在600ppm水平下要求至少其中之一改进速度要比历史速度高得多。稳定目标越低，基准线排放水平越高，那么CO_2需要偏离基准线的程度就越大，并且需要越早出现这种情况。

WGI TAR 第 3.7.3.4章, WGIII TAR 第2.5章, & SRES 第 3.3.4节

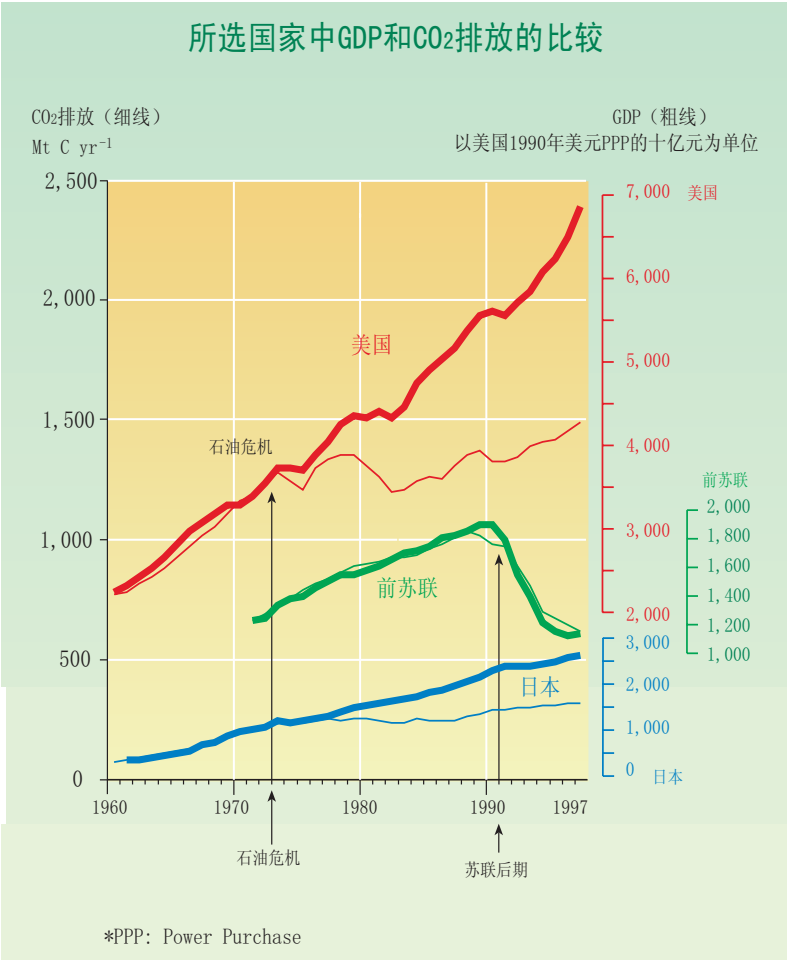
5.14 **某些气候、生态和社会-经济系统的变化是很多代人不能有效逆转，另外一些则是根本不可逆转的。**

5.15 **明显的不可逆性有两种类型。**“有效的不可逆”源自这样一些过程，它有能力回到被扰动以前的状态，但这样要花费几百年到几千年的时间。一个例子是格陵兰冰原的部分融化；另外一个例子是预计到的平均海平面上升，这部分是由于冰雪圈的融化，主要则由于海水热膨胀所引起的。目前业已遭遇到的某些海平面上升，是由于过去一百年发生的地表大气增暖的结果。“根本不可逆”源自这样的过程，一旦越过了其阈值，这个系统就无法自动再回复到先前的状态。这种超过阈值根本无法逆转的例子，是由于气候变化和居住地丧失的综合效应而引起的物种消亡。

WGI TAR 第11章, WGII TAR 第 5章, & WGII TAR 第 16.2.1 & 17.2.5节

5.16 **某一阈值的确定以及在此阈值附近变化的阻力，会受到接近阈值的速率的影响。**模式结果表明，对海洋温盐环流（参考问题4）可能存在某一阈值，由此假如一旦全球增温很快，可能导致向一个新的海洋环流的转换，如同上一个冰期所发生过的。这样一种转变在21世纪是不可能出现的，但一些模式表明这样的

WGI TAR 第 2.4.3, 7.3.7, & 9.3.4.3节, & WGII TAR 第 1.4.3.5节



WGIII TAR 表 3.1 & WGII SAR 图 20-1

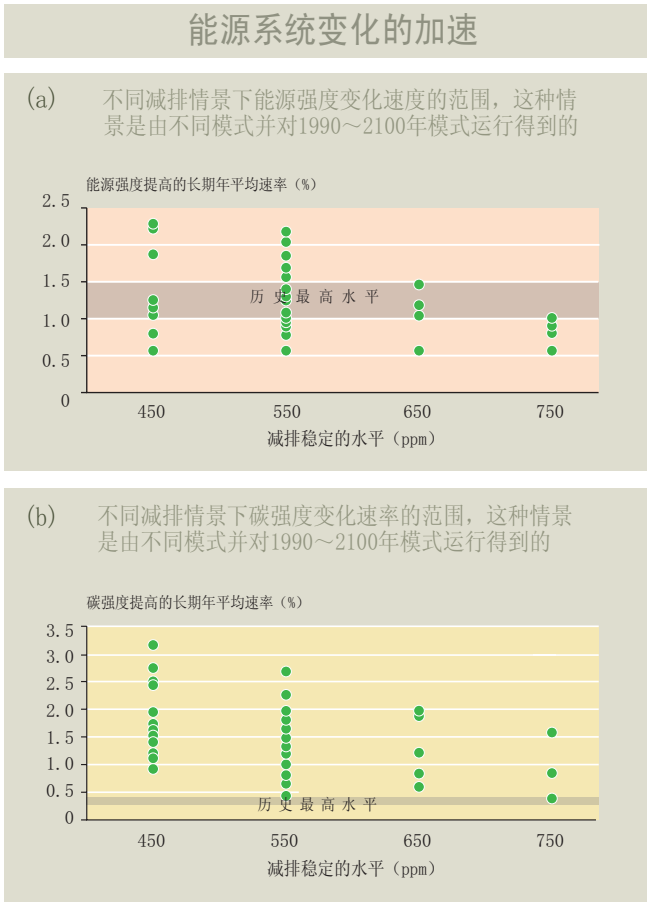
图5-6：能源系统对经济变化的响应，分别用CO_2排放（以碳表示）和GDP（以同等购买力术语表示）来说明。如果这种改变很剧烈，那就几乎没有什么惯性。石油危机时，在一个极短的时间里能源价格急剧上扬，导致大多数的发达国家，如日本和美国，先前关系密切的碳排放和GDP的快速且持续分离。在前苏联的解体中，这两个指标相关很好，使得排放的减少与GDP的减少趋势基本吻合。

转换将是不可逆的（例如，即使在扰动停止后这个新的环流还会持续）。当增暖速度较慢时，温盐环流可能会逐渐调整，同时可能不会越过阈值。这表明温室气体排放轨迹在决定温盐环流演变方面很重要。当一个系统接近阈值时，如全球增暖下温盐环流减弱的情形，对扰动的回复力将下降。

5.17 **较高的增暖速率和多种压力的综合效应增加了超过某一阈值的可能性。**植物物种的迁移对气候变化的响应，提供了一个生态阈值的个例。化石记录表明，过去大多数植物物种迁移的最大速度大约为1公里/年。发生在迁移过程中的已知约束条件（例如，从发芽到结果的平均周期，以及单个种子能迁移的平均距离）表明，在没有人类干预情况下，即使没有由于土地利用给它们迁移所带来的障碍，预计21世纪，很多物种也可能无法跟上它们所偏好栖息地范围移动的速度。一个社会-经济阈值的例子是，业已存在压力情况下的冲突，例如一个由数个国家所共有并争夺有限水资源的流域。还有来自环境胁迫的进一步压力，例如溪流的减少，可能导致更多的暴力冲突。如果没有很好地了解受影响的系统，在其出现前，阈值的影响作用并不明显。

WGII TAR 第 1.2.1.2, 4.7.3, & 5.2节, WGIII TAR TS 2.3, SRES 框4.2, & WGII SAR A.4.1

5.18 **由于气候、生态和社会-经济系统中存在的惯性使得在某些情况下适应问题不可避免，并且在一些情况下已经是必要的，而惯性的作用影响着适应与减缓战略的优化组合。**



WGIII TAR 图 2.8 & 2.18

图5-7：全球社会-经济结构驱动稳定CO_2浓度价格上扬的惯性，该价格是能源和碳强度变化偏离历史上业已观测到速度的函数。（a），对实现稳定到大约550ppm甚至在450ppm浓度水平以上情形而言，为了实现给定的CO_2浓度稳定目标能源强度（能源/GDP）下降所要求的速率是在历史上曾经达到的速率范围内，但(b)为了稳定在600ppm水平以下，碳强度（碳排放/单位能源）改进所要求的速度必须高于历史达到的速度。因此，随着稳定水平的降低，减缓成本会升高，稳定在600ppm的目标就要求比上述更高的成本（图7-3）。

5.19 **由于地球系统包括社会部分内在固有的时间滞后作用和惯性，采取行动还是不采取行动的某些后果只能在未来许多年后才能觉察到。**例如，各种温室气体排放情景和稳定情景的初始轨迹差别比较小，但是对2100年的气候变化而言其结果却比较大。在各种受影响的时间尺度上，发展途径的选择会造成多种后果；因此，长期的全部成本和效益与短期的情况会完全不同。

WGIII TAR 第 8.4.2节

5.20 **由于惯性的作用，如果及早采取比较可靠的行动而不是较晚采取行动，适应或减缓气候变化会更为有效，而且在某些情况下花费会更低。**时间滞后为排放及其影响之间提供了一个可喘息的空间，使得人们有时间来制定适应计划。同时，技术开发和股本替代的惯性是逐步采取减缓行动的一个重要理由。经济结构及经济过程中，惯性的最重要意义是，在偏离任一给定趋势时会发生成本，并且这些成本会随着偏离速度的增加而升高（例如，碳强度高的设备过早淘汰的费用）。早期的减缓措施可能会降低严重的、持续的或不可逆转的影响的风险，同时减少对以后更多减缓的需要。通过加快技术开发和尽早实现目前被市场不完善所影响的效益，加速行动可能有助于减少长期减缓和适应气候变化的费用。假如有很大把握能在系统产生温室气体的特定时间范围内使温室气体浓度低于上限之下，那么未来几年内的减排从经济上讲是有价值的。减缓气候变化的决策依赖于惯性和不确定性的相互作用，并由此形成一个顺序决策过程。深谋远虑和早期适应行动对有长寿命的基础设施的部门，如水库和大桥，和较大的社会惯性，如产权界定错误，是极其有益的。如果能使预计的趋势具体

WGII TAR 第1.3.4 & 2.7.1节, WGIII TAR 第 2 章, WGIII TAR 第 10.1 & 10.4.2-3节, & WGIII TAR 表 10.7

化，则设想的适应行动的成本将非常有效。

5.21 **地球系统中时间滞后、惯性和不可逆性的存在，意味着某一项减缓行动或者技术开发行动会有不同的结果，这将依赖于何时采取行动。**例如，在一个模式中分析了21世纪太平洋海平面升高的影响，假定在1995年人为温室气体排放减少到零，那么由于变暖不可避免地所引起的海平面上升（5-12cm）将远小于在2020年实现相同的减排所引起的海平面升高（14-32cm）。这表明，过去和现在的温室气体排放对未来海平面上升应承担更大的责任，以及推迟假定的减排行动所带来的后果。

WGII TAR 第 2.7.1 & 17.2.1节

5.22 **通过“跳跃”，（如采取超前的对策去避免今天工业社会所面临的问题）可以减少欠发达国家所带来的技术惯性。**无法假定发展中国家将会自动地沿袭工业化国家所走过的发展道路。例如，一些发展中国家已经越过了有线通讯线路，直接接触了蜂窝电话。通过以更持续的方式利用能源，循环利用更多的废物和产品，并且以一种更被接受的方式处理废弃物，发展中国家可以避免过去发达国家低效率使用能源的做法。因为任何情况下都需要大量的投资，所以上面的做法对发展中国家的新型基础设施和能源系统将可能更容易达到。在不同国家和地区之间的技术转让可以减少技术惯性。

WGII TAR 第 2章, WGIII TAR 第 10.3.3节, SRES 第 3.3.4.8节, & SRTT SPM

5.23 **气候、生态和社会-经济系统存在的惯性和不确定性表明，为避免干扰气候系统的危险水平制定对策、目标和计划时应该考虑安全极限。**例如，大气CO_2、温度或海平面等稳定目标水平，可能受到以下因子的影响：

- 气候系统的惯性，使得在减缓行动实施之后一段时间还将引起气候变化的继续
- 与不可逆变化的可能阈值位置和其临近阈值时系统行为有关的不确定性
- 在采取减缓目标和实现它之间的时间滞后

相似地，适应性受到包含有确定气候变化的影响、开发有效的适应对策和实施适应对策的时间滞后的影响。面临这些惯性和不确定性的综合问题时，预防战略和渐近决策过程（反复行动、评估和再修订行动）是必要的。在适应和减缓上，惯性对于前者的后果更不同，这是由于适应更倾向关注气候变化的区域影响，而减缓则关注于气候系统的影响。这两方面的问题都包含时间滞后和惯性，而惯性一般强调在减缓紧迫性上应有更高的关注。

WGII TAR 第 2.7.1节 & WGIII TAR 第 10.1.4.1-3节

5.24 **存在于相互作用的气候、生态和社会-经济系统中惯性的普遍性和不可逆的可能性，是有预见的适应和减缓行动产生效益的主要原因。**如果行动滞后的话，就可能失去许多实施适应和减缓方案的机会。

问题6

(a) 考虑到历史和当前的排放，一系列减排行动介入的范围程度、时间是如何决定和影响气候变化的速率、强度、后果以及如何影响全球和地区经济?

(b) 考虑到气溶胶可能的影响程度，将大气温室气体浓度稳定在当前水平到加倍或更高水平(等量CO_2计)，我们从区域和全球气候、环境以及社会经济影响的敏感性研究中了解到了什么? 对应于问题3中所考虑的一系列情景，对每一稳定的浓度情景，包括不同的稳定途径，相关的成本和效益进行评价，涉及如下内容：

- 预测的大气温室气体浓度、气候和海平面的变化，包括100年之后的变化；
- 气候和大气成分变化对人体健康、生态系统的多样性和生产力以及社会经济部门（特别是农业和水）的影响及经济成本效益；
- 适应对策的范围，包括成本、效益和挑战；
- 通过定量或定性地评价为避免环境危害所采取的减排措施的国家和全球成本效益，评价如何对这些成本效益进行比较，确定达到每个稳定水平的技术、政策和措施的范围；
- 与区域和全球尺度的影响、适应和减缓相关的发展、可持续性及公平性问题。

6.1 在问题3中对无气候政策干预的情景下温室气体排放的气候、环境和社会经济后果进行了评价。在问题6中也提出了同样的问题，但评价了一系列的气候政策干预所产生的效益。所考虑的减排情景是指能够稳定大气中CO_2浓度的情景。作为减缓的补充，适应措施的作用以及减少排放对可持续发展和公平目标的潜在贡献也进行了评价。可能采用的减排政策和技术及其成本将在问题7中考虑。

6.2 **通过减少温室气体排放，可以降低预测的气候变暖和海平面上升的速率和程度。**

6.3 **温室气体排放量减少越多、采取减排行动越早，气候变暖和海平面升高的幅度越小、越慢。**未来气候变化是由历史、目前和未来排放所决定的。假设发达国家在2000-2100年期间每年减少CO_2排放的速率为2%，发展中国家不减少其温室气体排放，预测了此种假设条件下全球平均温度和海平面上升[6]。在这些假设条件下，全球排放和大气中CO_2浓度在21世纪一直增加，但相对于发达国家不采取减排行动的情景而言，温室气体浓度增加速率降低。限制排放的效果很慢，但随时间而增加。到2030年，预计大气中CO_2浓度比不采取减排行动的IS92a情景大约低20%，但在此期间，对减缓气候变暖和降低海平面上升的作用很小。到2100年，预计大气中CO_2浓度比IS92a情景下的浓度大约低35%，预计的全球平均温度低25%，海平面上升降低20%。发达国家每年减少CO_2排放的速率为1%的分析结果表明，减排量越少，大气中CO_2浓度降低、减缓温度上升和海平面升高的作用就越小。若采取同样的减排，现在开始采取行动比以后采取行动对2100年的气候作用更大。

IPCC TP4

6.4 **减少温室气体排放和减少影响这些温室气体浓度的气体对稳定辐射强迫是必需的。**例如，对于最重要的人为温室气体，碳循环模型模拟结果表明，要求在未来几十年、一个世纪或两个世纪内全球人为CO_2排放保持低于1990年的排放水平并在以后继续稳定减少，大气中CO_2浓度水平才能稳定在450ppm，650ppm或1000ppm（参见图6-1）。模型模拟结果表明在未来十至二十年温室气体排放将达到峰值（450ppm），大约一个世纪将达到1000ppm（参见表6-1）。最终CO_2排放量将仅为目前排放量的很小一部分。不同稳定水平的效益将在问题6中讨论，而其成本将在问题7中讨论。

WGI TAR 第 3.7.3 节

6.5 **估算各种温室气体浓度稳定水平的增温幅度时，存在很大的不确定性。**图6-1c表明了将CO_2浓度稳定稳定在不同水平，并在之后保持不变，各种情景所预测的全球平均温度变化。气候敏感性的不确定性造成对应于不同稳定水平的排放量情况下预测的温度变化范围很大[7]。图6-2更明确表明最终CO_2浓度稳定水平与预测的2100年和平衡状态下的温度变化范围。为了估算这些情景的温度变

WGI TAR 第 9.3.3 节

[6] 在这些分析中，假设发达国家的CH_4，N_2O和SO_2的排放在1990年的水平上保持不变，并且卤烃排放遵循与《蒙特利尔议定书》的哥本哈根版本的情景保持一致的，发展中国家CO_2和其他温室气体是按IS92情景排放。利用简单气候模型预测温度变化。在IPCC的《气候变化辐射效应特别报告》中对IS92情景进行了描述。

[7] CO_2倍增平衡状态时的全球平均温度经常用来衡量气候的敏感性。图6-1和6-2中的温度来自一个校准的简单模型，简单模型给出了与一系列复杂模型相同的响应，这些复杂模型的气候敏感性范围为1.7°C-4.2°C。这个范围与普遍接受的温度范围1.5°C-4.5°C具有可比性。

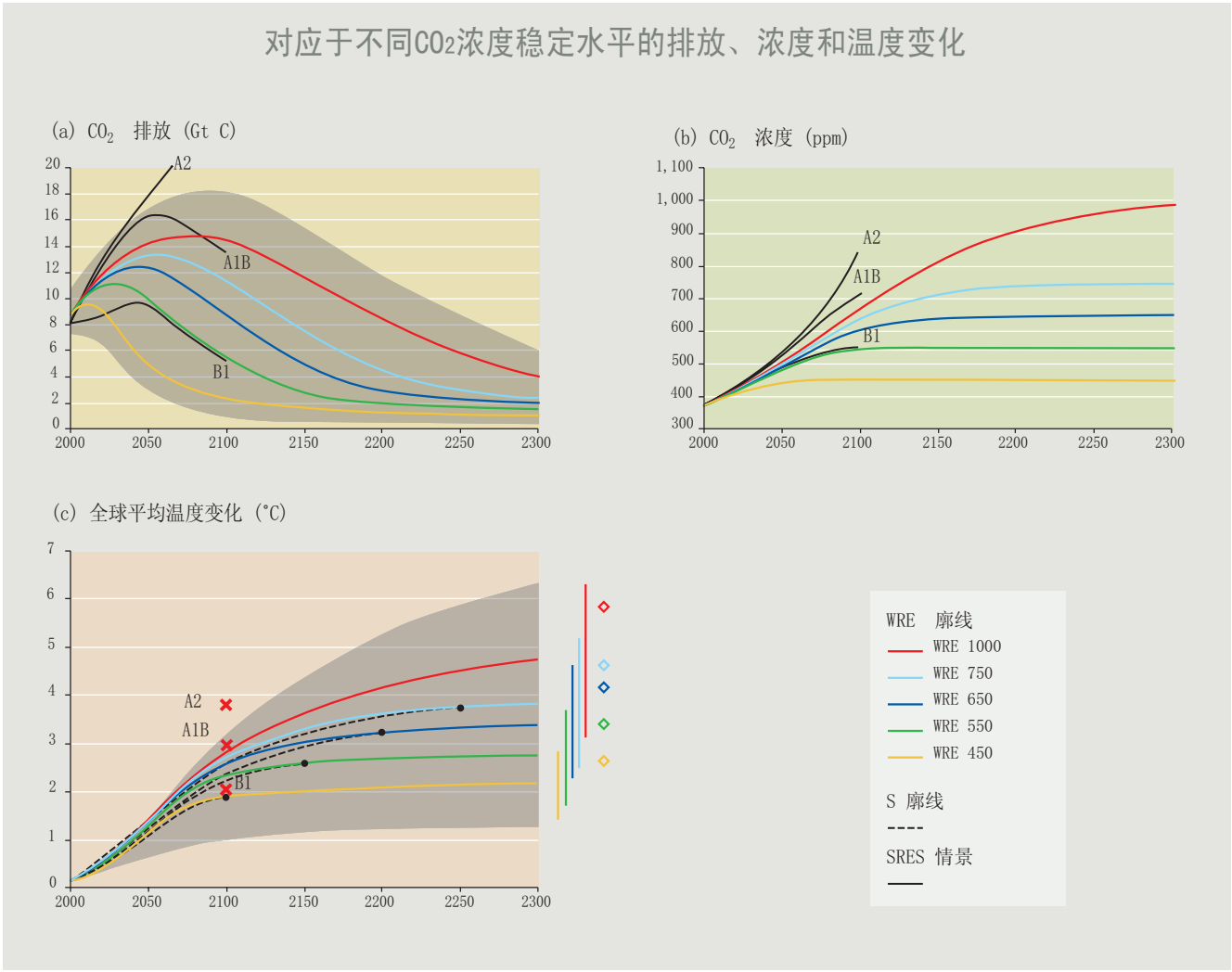


图6-1：稳定大气中CO_2浓度可能要求大量减少排放，使其低于目前的排放水平，这可能会放慢增温速率。

WGI TAR 第3.7.3 & 9.3.3节, & IPCC TP3

a) ***CO_2排放***。利用碳循环预测了WRE情景将大气中CO_2浓度稳定在450，550，650，750和1000ppm的CO_2排放随时间变化曲线。稳定的CO_2浓度水平目标越低，停止排放增加的时间就越早，将排放量降低到目前的排放水平的时间就越早。阴影部分表明对应于特定浓度随时间变化曲线（如碳循环模型中提出的那样）的CO_2排放估算的不确定性范围。也与SRES中三种没有政策干预的情景（A1B，A2 和B1）下的CO_2排放进行了比较。

b) ***CO_2浓度***。WRE情景指定的最终的稳定浓度水平，范围为450-1000 ppm。也与SRES中三种没有政策干预的情景（A1B，A2和B1）下的CO_2浓度进行了比较。

c) ***全球平均温度变化***。利用一些复杂的模式调整的简单气候模式估算各种WRE情景的全球平均温度变化。预测的增温速度随着大气中CO_2浓度增加速度的降低而降低，当CO_2浓度稳定之后温度继续增加（以黑点表示），但升温速率很低。假设非CO_2温室气体排放在2100年前遵循SRES A1B情景，之后排放水平保持不变。选择SRES A1B情景的理由是这个情景位于所有SRES情景的中部。虚线表明预测的S情景和各种CO_2稳定浓度情景的温度变化（在(a)和(b)部分中没有表示出）。阴影部分表明五种稳定水平下气候敏感性范围的影响。右手侧的彩色竖线所示为每一种WRE排放情景在2300年的不同气候模型预测的温度范围。右边菱形所示为用平均气候参数得出的每一种排放情景的长期平衡状态时的增温情况。图中也给出了所估算的SRES排放情景中A1B、A2和B1三种情景在2100年的升温值比较（以红叉表示）。

表 6-1 SRES情景预测的 CO_2 浓度和将大气中 CO_2 浓度稳定在不同水平时WRE情景的减排量。[a]

	CO_2 排放量 ($GtC\ yr^{-1}$)		累计 CO_2 排放量	排放年份		大气中的浓度 (ppm)		浓度稳定年份
	2050	2100	2001-2100 (Gt C)	峰值	低于1990年的水平[b]	2050	2100	
SRES 排放情景								
A1B	16.4	13.5	1,415			490–600	615–920	
A1T	12.3	4.3	985			465–560	505–735	
A1FI	23.9	28.2	2,105			520–640	825–1,250	
A2	17.4	29.1	1,780			490–600	735–1,080	
B1	11.3	4.2	900			455–545	485–680	
B2	11.0	13.3	1,080			445–530	545–770	
WRE 稳定水平								
450	3.0– 6.9	1.0– 3.7	365– 735	2005–2015	<2000–2045	445	450	2090
550	6.4–12.6	2.7– 7.7	590–1,135	2020–2030	2030–2100	485	540	2150
650	8.1–15.3	4.8–11.7	735–1,370	2030–2045	2055–2145	500	605	2200
750	8.9–16.4	6.6–14.6	820–1,500	2040–2060	2080–2180	505	640	2250
1,000	9.5–17.2	9.1–18.4	905–1,620	2065–2090	2135–2270	510	675	2375

[a] 兰色文字=指定的，黑色文字=模型模拟结果；考虑了化石燃料和土地利用变化排放。范围是由两个简单的碳循环模型模拟的结果产生的：ISAM模型的变化范围依据了复杂的模型结果，而BERN-CC模型的变化范围依据了系统响应和反馈的不确定。在第一工作组《第三次评估报告》的附录II.1.1中有SERS的结果。关于WRE排放的准确时间则取决于稳定的途径。

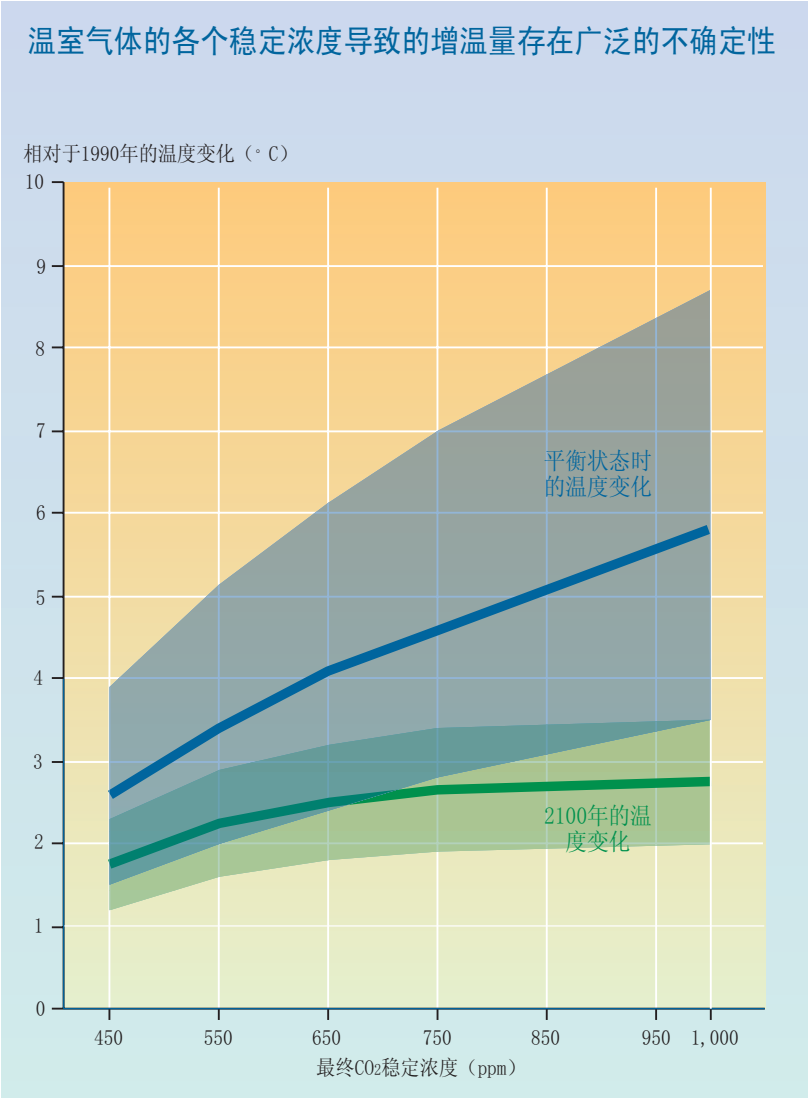
[b] 1990年的排放量为7.8Gt C，这数值的不确定性主要是由于土地利用变化排放量的不确定而致，假设八十年代的年平均值为1.7 Gt C。

化，假设在2100年之前非CO_2温室气体排放是遵循SRES中的A1B情景，并在2100年之后保持不变。对每一CO_2浓度稳定水平，不同的非CO_2温室气体排放情景所估算的增温幅度是不同的。

WGI TAR 第9.3.3 节 & WGI TAR 表 9.3

6.6 **根据图6-1所示情景并假设在2100年之前非CO_2温室气体排放按SRES A1B情景，在2100年之后排放水平保持不变，最终大气中CO_2的浓度稳定在1000ppm之下的减排措施将使2100年全球平均温度增幅限制在3.5°C之内。**大气中CO_2的浓度最终稳定在450-1000ppm的情景，预计2100年全球平均地表温度增加1.2-3.5°C。在21世纪，虽然分析的所有CO_2浓度稳定情景都可能避免SRES预测的2100年增温幅度为1.4°C-5.8°C的上部部分，但应注意，在2100年后大多数情景的CO_2浓度将会继续增加。由于海洋巨大的惯性（见问题5），甚至CO_2和其他温室气体浓度稳定之后，温度也将持续上升，虽然升温速率低于浓度稳定之前并随时间降低。平衡状态时的温度上升将需要数百年的时间，若稳定在450ppm，温度将比1990年升高1.5-3.9°C，若稳定在1000ppm，温度将比1990年高3.5-8.7°C[8]。另外，对特定的温度稳定目标，要求稳定温室气体浓度水平的不确定性范围很大（见图6-2），在某一温度目标下要求稳定的CO_2浓度水平也依赖于非CO_2温室气体的浓度水平。利用综合气候模式分析稳定CO_2浓度的区域影响结果表明，预测的区域平均温度变化与1990年之后CO_2浓度增加1%的基线情景相比，

[8] 对所有这些情景，其他的温室气体和气溶胶对平衡状态时的增温贡献在气候敏感性下限和高气候敏感性上限时分别是0.6°C和1.4°C。辐射强迫增加等同于CO_2浓度额外增加28%。



WGI TAR 第 9.3.3节

图6-2：利用简单气候模型预测了图6-1中所示的WRE情景（a）2100年和（b）长期平衡状态下相对于1990年的温度增加情况。对不同的温室气体稳定浓度水平的最低与最高估计时假设气候敏感性分别为1.7°C和4.2°C。中间的线为高值和低值的平均。

地理格局相似，但增温幅度低[9]。

WGI TAR 第 9.3.3.1 节

6.7 **尽管相同的浓度稳定目标，但如果排放随时间的变化不同，温度随时间的变化也不相同。**为了将大气中CO_2浓度水平稳定在450、550、650和750ppm，在以前的IPCC报告中分析了两种排放随时间变化的曲线，称为S和WRE时间曲线[10]。WRE时间曲线在前几十年的排放量比S时间曲线高，但在后几十年WRE时间曲线的排放量比S时间曲线低以达到相同的浓度稳定水平。估计WRE时间曲线减排时间推迟可以降低减排成本（参见问题7），但会导致开始增温更快。在2050年这两种时间曲线所预测的温度差异为0.2°C或更小，这时温度差异最明显，到2100年之后，WRE和S时间曲线的温度变化范围聚合。图6-1c比较了WRE和S时间曲线所预测的温度。

[9] 排放增长速率与IS92a排放情景非常接近。

[10] 在WGI SAR对S和WRE时间曲线进行了讨论，在IPCC技术文件3中有更详细的描述。

WGI TAR SPM & WGI TAR 第 11.5.4 节

6.8 **温室气体浓度稳定之后，海平面和冰盖对气候变暖的响应将持续数百年（参见问题5）。**当CO_2浓度从工业革命前的280增加到560ppm时，由于热膨胀作用，在平衡状态下，预计海平面升高范围在0.5-2米；当CO_2浓度从工业革命前的280增加到1120ppm时，海平面将升高1-4米。在20世纪，观察到的海平面升高范围为0.1-0.2米，如果考虑到其他温室气体浓度增长所造成的影响，预计海平面升高幅度将更大。在数百年至数千年的时间尺度上，还有其他因子影响海平面上升（参见问题5）。《第三次评估报告》中的模型模拟结果预计，即使温室气体浓度稳定在550ppm（等量CO_2），由于极地冰盖（见问题4）与大陆冰层所致的海平面上升将高达几米。

6.9 **减少温室气体排放稳定其在大气中的浓度，可能推迟和减少气候变化所造成的危害。**

WGII TAR 第1.4.3, 18.8, & 19.5 节

6.10 **减少（减缓）温室气体排放将减轻气候变化对自然与人类系统的压力。**减排后全球平均温度增加与海平面升高速度减慢，使我们有较多的时间去适应。因此，减缓措施也将推迟和降低气候变化造成的破坏并因此产生环境与社会经济效益。减缓措施和与之有关的成本在问题7中讨论。

WGI TAR 第 9.3.3 节 & WGII TAR 第1.4.3.5, 5.2, 5.4, & 19.3-6 节

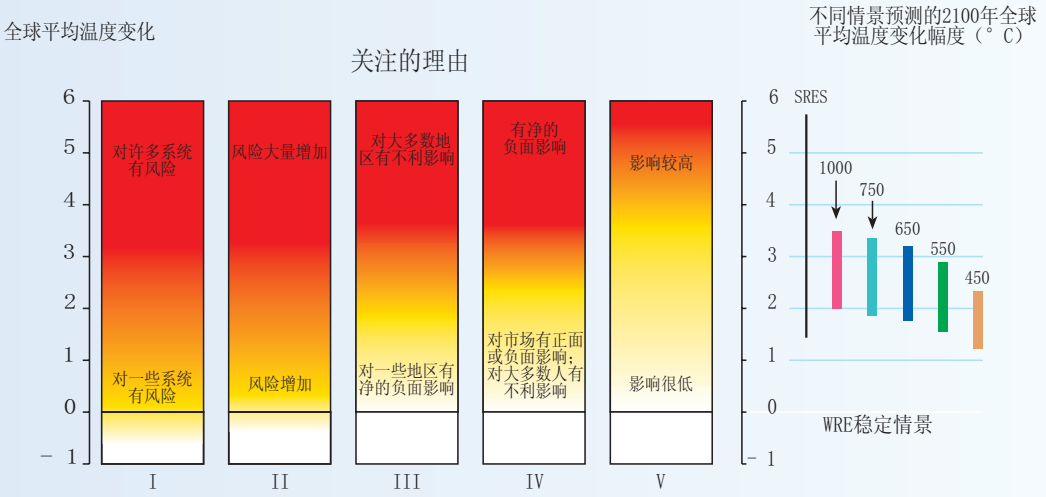
6.11 **减排行动将大气中温室气体浓度稳定在较低水平，减轻了危害，相对而言有较高的效益。**将温室气体浓度稳定在较低的水平能降低生物自然系统超过其温度阈值的风险。例如，将CO_2浓度稳定在450ppm水平上，2100年的全球平均温度的升高幅度将比稳定在1000ppm条件下低0.75-1.25°C（见图6-2），在平衡状况下，两种温室气体稳定情景的增温幅度差异为2-5°C。自然系统受到危害或丧失的地理范围、受到影响系统的数量将随气候变化的强度和速度的增加而增加，温室气体稳定时的水平越低，受到不利影响的程度就越低。同样，在较低的温室气体稳定水平下，受极端气候事件影响的严重程度可望降低，受不利的净市场冲击的地区较少，受全球综合影响也较小，大规模的严重影响事件发生的风险降低。图6-3 简要表明了气候变化风险或关注气候变化的原因（见框3-2），并将这些风险与不同情景下预测的2100年全球平均温度变化范围对应起来。[11]

WGII TAR 第 19.4-5 节

6.12 **目前仍没有将大气中温室气体稳定在不同浓度水平的综合和定量的效益评估。**虽然对未来气候变化影响的定性了解方面已经取得进展，但对不同情景下的影响并没有完全定量。由于气候敏感性的不确定性、预计的温度、降水和其他气候变量和现象的地理、季节模式变化的不确定性，对特定的排放情景，气候变化的影响并不能唯一确定，在系统的关键过程、敏感性和适应气候变化的能力方面也存在不确定性。另外，生态系统的组成与结构功能变化、物种的灭绝、人类健康的变化、对不同人群和地区的影响程度的不同等都不易用货币和其他

[11] 气候变化对不同地区和不同部门或系统的影响不同，平均温度、降水、气候变率、极端气候事件的频率和强度以及海平面的区域和季节变化也影响气候变化的作用。利用全球平均温度变化作为气候变化所产生的压力的一种总结方法。

稳定CO_2浓度可以减少气候变化危害的风险



I. 独特的和濒危系统

物种灭绝。

独特的生存环境、沿海湿地的丧失。

珊瑚礁的白化和死亡。

II. 极端气候事件

一些极端气候事件的频率和强度增加影响健康、财产和环境。

III. 影响分布

不同地区谷类作物产量变化有增有减，但大多数的热带和亚热带地区为减产。

在一些水分胁迫国家，水的可获性降低，而在其他国家增加。

在发展中国家，对健康的影响比发达国家风险大。

许多发展中国家净的市场部门受到损失，在温度升高(几)度时，对发达国家的影响有正有负，温度再增加时，影响为负面影响。

IV. 全球综合影响

在温度升高(几)度时，对全球综合经济影响有正有负，温度再增加时，影响为负面影响。

即使温度升高低于(几)度时，受不利影响的人口数量多于获利的人口数量。

V. 大范围、影响大的事件

可能到2100年，温盐环流明显减慢。

冰盖的溶解和崩溃对海平面升高有明显影响（在2100年之前可能很小，在几百年的时间尺度上可能很大）。

WGI TAR 第 9.3.3 节 &
WGII TAR 第 19.8.2 节

图6-3：稳定CO_2浓度可以减轻气候变化危害的风险。图6-3描述了各种全球平均变化强度的不利影响的风险，全球平均温度变化作为气候变化强度的指标。图的右边为2100年不同CO_2稳定水平和所有的SRES情景预测的全球平均温度变化。如果将大气中CO_2浓度稳定在1000ppm或1000ppm以下，可以避免与2100年温度变化在3.5°C以上的许多风险。稳定的浓度水平更低，风险也将进一步降低。白色表明中性或很小的负面或正面影响或风险，黄色表明一些系统为负面影响或低风险，红色表明更广泛的或强度更大的负面影响或风险。影响或风险的评估仅考虑了变化的强度，而没有考虑变化的速率。全球年平均温度变化作为气候变化强度指标，但影响也是其他一些因子的应变量，如全球或区域平均气候变化强度和速率、气候变率和极端气候现象、社会经济情况和适应能力。

共同的单位来衡量。因为上述的限制，不同温室气体减排行动，包括将温室气体浓度稳定在一定水平上的行动，所带来的经济效益都不能完全量化，以估算减排措施净效益为目的的减排成本也不能直接比较。

6.13 采取各种尺度的适应对策作为补救措施以减缓气候变化是必要策略，也对可持续发展目标有贡献 。

WGII TAR 第 1.4.4.2, 18.3.5, & 18.4.1 节

6.14 **适应对策是降低气候变化风险的一种经济有效的补救措施。**减少温室气体排放、甚至将大气中温室气体浓度稳定在低水平，并不能够完全阻止气候变化和海平面的升高，也不能阻止气候变化和海平面升高所产生的影响。许多有效的适应性响应措施会用来应对正在变化的气候和海平面升高，目前已经存在一些措施。另外，应对气候变化风险和利用各种机遇有计划的适应性战略可能减轻气候变化影响。然而，采取适应对策要承担费用，也不能防止所有危害。同时采用适应措施与减缓措施减少气候变化影响比单独采用一种措施更经济有效。在问题3中评价了实质性减少气候变化不利影响的适应措施的潜力，由于与各种稳定浓度水平有关的全球温度增加范围有些重叠（见图6-1c），许多适应措施对各种稳定的浓度水平都适用。随着知识的积累，将减少针对某一稳定水平的适宜的适应战略的不确定性。

WGII TAR 第 18.2.2, 18.3, & 18.8 节

6.15 **减缓气候变化可以降低适应性措施的成本和减少挑战。**减少温室气体排放可以降低气候变化的强度和速率，可能包括降低极端气候事件变化的频率和强度。系统受气候变化的影响越小，系统所面临的压力增加速度就越慢，这将有更长的时间进行适应气候变化，减少调整目前措施以应对气候变率和极端事件（见问题3）。积极的、有成效的减排措施将减少适应性措施的成本，以保持一定的效益水平。

WGII TAR 第 18.6.1 节, & WGIII TAR 第 2.2.3 & 10.3.2 节

6.16 **通过减缓和适应行动，降低气候变化的风险，有利于持续发展的目标。**如问题3所述，同气候变化相关的风险具有破坏和阻碍持续发展的可能性（例如，极端气候事件的破坏性、水资源不足、水质退化、食物供应中断和饥荒、土地退化及影响居民健康等）。如果适当设计，通过减少这些灾害，减缓和适应气候变化的政策能改进可持续发展的前景[12]。

WGII TAR 第 18.5.3 & 19.4节

6.17 **预计在不同国家、相同国家的不同地区之间的气候变化影响是不同的。应对气候变化的挑战表现出重大的公平性问题。**气候变化可能使发展中国家和发达国家的不公平性更加恶化，通过减缓和提高适应能力减轻这些压力可以降低不公平性。认为发展中国家的人口，特别是生活在这些国家的最贫困人口比发达国家的人口对气候变化的脆弱性更高（见问题3）。降低增温和海平面上升速度以及提高适应气候变化的能力有益于所有国家，特别是有益于发展中国家。

WGII TAR 第 1.2 & 18.5.2 节, & WGIII TAR 第 10.4.3 节

6.18 **减少和放慢气候变化也可以促进人类社会代间的公平。**由于大气--海洋--气候系

[12] 在问题7中强调了减缓行动与可持续发展和公平的相互关系。适应行动、可持续发展和公平的相互关系在问题3中描述。

统的惯性和气候变化对环境影响的长期性和不可逆的作用，当代排放的温室气体可能影响到未来许多代人。相比当代人类而言，未来的人类可能更加富裕、受到更好的教育、具有更便捷的通讯方法和更好的技术。因此，他们能够在很多方面更好地适应气候变化。根据气候变化的趋势，在未来几十年，气候变化的后果将积累下来，有些方面可能达到一定的程度，这将是对我们人类社会处理这些问题的能力的考验和挑战。对于一些不可逆的影响，如物种灭绝或珍稀生态系统的丧失，这种丧失将是不可挽救和弥补的。当代人类所采取的减缓气候变化的活动将减少未来人类在这方面面临的风险。

问题7

在减少温室气体排放的潜力、成本和效益，以及时间架构方面，我们了解些什么？

- 什么是经济和社会的成本效益，什么是政策和措施的公平含义，什么是可以考虑的致力于地区和全球气候变化的《京都议定书》的机制？
- 什么是可考虑的研究与开发、投资及其他的政策措施，这些措施被认为对加强开发和推广气候变化技术最有效？
- 哪些经济和其他政策选择可以考虑用于消除刺激私有和公共部门技术在国家间转移和推广方面现有和潜在的障碍，它们对推测的排放可能产生什么样的影响？
- 上述措施的时间安排如何影响经济的成本效益、以及下世纪及以后大气中的温室气体浓度？

7.1 本问题关注短期和长期的减排潜力和成本。减排的首要效益（减缓气候变化所能够避免的成本和危害）在问题5和问题6论述，减排的附带效益在回应本问题和问题8时论述。对问题7的回应将描述对定量估计减排措施的成本时造成差别和不确定性的各种因素。第二次评估报告叙述了两类估计成本的方法：自下而上的方法基于对具体技术和部门的评价，常用于评价短期成本和潜力；自上而下的模型研究则着手于宏观经济关系。这两类方法导致成本估计的差别，自第二次评估报告以来，这种差别已经缩小。下面报告中包括两类方法对短期成本的估计和自上而下方法对长期成本的估计。接着讨论如何满足短期排放限制、长期稳定目标以及达到这些减排目标的时间安排和成本。对本问题的回应将终结于对减缓气候变化的公平性的讨论。

近期减少CO_2排放的潜力、障碍、机会、政策和成本

7.2 **近期减排存在着重大技术和生物潜力。**

7.3 **自第二次评估报告以来，在温室气体减排方面已经取得了重大技术进步，这种进步比预期的要快。**在不同的发展阶段，许多技术都正在进步 ñó 例如风力发电机的市场引入，生产己二酸排放的N_2O和生产铝排放的全氟化碳等工业伴生气的迅速削减，高效双燃料汽车，燃料电池技术的进展，以及地下CO_2贮存等。减排技术选择包括改进终端设备和能源转换技术，趋向于采用无碳和低碳能源技术，改善能源管理，减少工业伴生物和工艺过程气体排放，碳吸收和贮存。表7-1总结了在大量的项目、国家和地区层次的部门研究的结果和某些全球研究的结果，提供了2010到2020年的减排潜力估计。

WGIII TAR 第 3.3-8节, & WGIII TAR 第 3 章附录

7.4 **森林、农业土地和其他陆上生物系统提供重要的碳减排潜力。尽管不是永久的，碳保存和碳吸收也能为进一步开发和实施其他措施赢得时间（见表7-2）。**生物减排可以在三种条件下出现：a) 保存现有碳库，b) 扩大碳库增加碳吸收[13]，c) 使用可持续的生物产品，即用木材替代高耗能建材、用生物质替代化石燃料。如果能防止碳泄漏，保存受到威胁的碳库可避免排放；只有关注于毁林和其他减少碳库的社会经济动因，保存碳库才可能成为可持续的。碳吸收反应生物生长的动态过程，通常慢慢开始，在几十年到几百年内达到最大后再逐步减慢。虽然在这方面的估计有很大的不确定性，生物减排潜力在2050年约为1000亿吨碳（累计）的量级，大约等于同期预测化石燃料排放的10%到20%。实现这种潜力取决于土地和水的可获得程度及采取土地管理活动的程度。

WGIII TAR 第 3.6.4 & 4.2-4节, & SRLULUCF

7.5 **采取温室气体减排技术和措施可能需要实施政策措施来克服障碍。**

7.6 **成功地实施温室气体减排选择需要克服许多技术、经济、政治、文化、社会、行为和/或机构方面的障碍，这些障碍阻止减排选择的技术、经济和社会机会得到充分发掘（见图7-1）。**减排的潜在机会及障碍依地区、部门和时间而不同。

WGIII TAR 第1.5 & 5.3-5节

[13] 改变土地利用将影响大气中CO_2浓度。假定所有历史上土地利用变化释放的碳在下世纪被陆地生态圈（即再造林）吸收。

表 7-1 2010年和2020年全球温室气体减排潜力估计。

部门	1990年历史排放 [百万吨碳当量/年]	1990–1995年碳当量排放年增长率 [%]	2010年减排潜力 [百万吨碳当量/年]	2020年减排潜力 [百万吨碳当量/年]	每吨碳的净直接成本
建筑[a] 仅二氧化碳	1,650	1.0	700–750	1,000–1,100	大部分可以以负的净成本实现。
交通 仅二氧化碳	1,080	2.4	100–300	300–700	大多数研究指出净直接成本小于25美元/吨碳，两个研究认为净直接成本超过50美元/吨碳。
工业 仅二氧化碳 -能源效率 -材料效率	2,300	0.4	300–500 ~200	700–900 ~600	一半以上为负的直接减排成本。 成本不确定。
工业 非二氧化碳	170		~100	~100	N_2O减排成本为0~10美元/吨碳当量。
农业[b] 仅二氧化碳 非二氧化碳	210 1,250–2,800	n/a	150–300	350–750	多数减排成本为0~100美元/吨碳当量，净直接成本为负的机会有限。
垃圾[b] 仅甲烷	240	1.0	~200	~200	75%由净直接成本为负的土地填埋的甲烷回收得到，25%的成本为20美元/吨碳当量。
非蒙特利尔替代设备 非二氧化碳	0	n/a	~100	n/a	约一半是由研究的不同的基准线和SRES的基准线的数值造成。另一半可以净直接成本低于200美元/吨碳当量获得。
能源供应和转换[c] 仅二氧化碳	(1,620)	1.5	50–150	350–700	存在有限的负成本选择，很多的选择的成本小于100美元/吨碳当量。
总计	6,900–8,400[d]		1,900–2,600[e]	3,600–5,050[e]	

[a] 建筑包括器具、建筑物和建筑物外墙。

[b] 农业的减排范围很大程度上由CH_4、N_2O和土壤CO_2排放的不确定性引起。垃圾主要是填埋产生的甲烷排放，其他部门主要是CO_2排放，可以比较准确地估计。

[c] 包括上述部门中。减排仅包括发电的选择（燃料转变成天然气/核能，CO_2回收和贮存，改善发电厂效率及可再生能源）。

[d] 包括第3章评估过的所有部门和所有6种气体。不含有非能源的CO_2排放源（水泥生产，160百万吨碳；天然气放空火炬，60M吨碳；土地利用变化600～1400百万吨碳）和在终端使用部门的燃料转换的能源（630百万吨碳）。如果加上炼油和焦炉气体，1990年的CO_2排放量7100百万吨碳还应增加12%。不包括林业排放源及吸收汇的减排选择。

[e] SRES的基准方案（包括《京都议定书》的6种气体）预测2010年排放11500～14000百万吨碳当量，2020年12000～16000百万吨碳当量，减排量的估计与SRES B2情景的基准排放的趋势最兼容。减排潜力考虑了正常的投资资本周转。它们不受经济有效措施的限制，但不包括成本高于100美元/吨碳当量的措施（除《蒙特利尔议定书》的气体外）或利用非通常所能接受的

大多数国家将从财政创新、社会学习和创新、机构改革及取消贸易壁垒中得到好处。这是由减排能力的重大差别引起的。任何一国的穷人在采用技术或改变其社会行为的机会上受到限制，特别当他们还不是现金经济的一部分时。大多数国家将从财政创新、机构改革及取消贸易障碍中得到好处。在发达国家，未

表 7-2 2010年全球温室气体减排潜力估计：土地利用、土地利用变化和森林。

减排选择分类	2010年减排潜力 [百万吨碳当量/年]	减排潜力 [百万吨碳当量/年]	
造林和再造林(AR)[a]	197–584		包括地上和地下生物质的含碳量，不包括土壤和死组织中的含碳量。
减少毁林(D)[b]		1,788	热带的减少毁林的潜力很不确定，误差为±50%。
改善土地利用管理(IM)[c]	570		假设每种土地和每个气候区的都用最适合的管理方法。
土地利用变化(LC)[c]	435		
总计	1,202–1,589	1,788	

[a] 来源：土地利用、土地利用变化和林业特别报告决策者摘要表3。基于IPCC定义的情景。不适用其他的情景。潜力指平均存量变化的估计范围（百万吨碳/年）。
[b] 来源：土地利用、土地利用变化和林业特别报告决策者摘要表3。基于IPCC定义的情景。不适用其他的情景。潜力指2008～2012年平均存量变化的估计范围（百万吨碳/年）。
[c] 来源：土地利用、土地利用变化和林业特别报告决策者摘要表4。潜力指2010年净碳存量（百万吨碳/年）变化的估计。所列活动不是唯一的或完全的，并非所有国家应用所有这些活动。一些估计反映了相当的不确定性。

来的机会主要在于消除社会和行为障碍；在经济转型国家，机会在于价格合理化；在发展中国家，则在于价格合理化，增加获得数据和信息的渠道、先进技术的可获得性、财政资源、培训及能力建设。对任何一个具体的国家，都可能在克服任何一组障碍中找到机会。

WGIII TAR 第 1.5.3, 5.3-4, & 6.2节

7.7 **如果国家级气候变化应对措施能够作为限制或减少温室气体排放政策措施的一系列计划来部署，就会更为有效。**国家气候政策手段可包括根据国情排放/碳/能源税，可交易或不可交易排放权，提供和/或取消补贴，土地政策，寄存/返还系统，技术或性能标准，能源结构要求、产品禁令、自愿协议、宣传、环境标志、政府支出和投资、以及支持研究开发（R&D）。文献一般不对任何特定的政策手段给以优先考虑。

WGIII TAR 第 6.3-4 & 10.2 节

7.8 **通过处理对竞争的关注、与国际贸易制度的潜在冲突和碳泄漏，国家间和部门间的协调行动可以帮助减少减排成本。一组愿意限制它们的温室气体排放总量的国家可以同意实施经过很好设计的国际措施。**在第三工作组《第三次评估报告》中所评价过的和《京都议定书》的措施是排放贸易，联合履行（JI），清洁发展机制（CDM）。其他在本报告中评价过的国际措施包括协调的或一致的排放/碳/能源税，单一的排放/碳/能源税，技术和产品标准，工业部门的自愿协议，资金和技术直接转让，协同创建如减少化石燃料补贴等有效条件。到目前其中一些措施仅在一些区域已经得到了考虑。

7.9 **国家间和区域间技术转让可以拓宽区域的选择范围，规模经济和学习效应可以降低技术转让的成本。**

减排潜力的概念

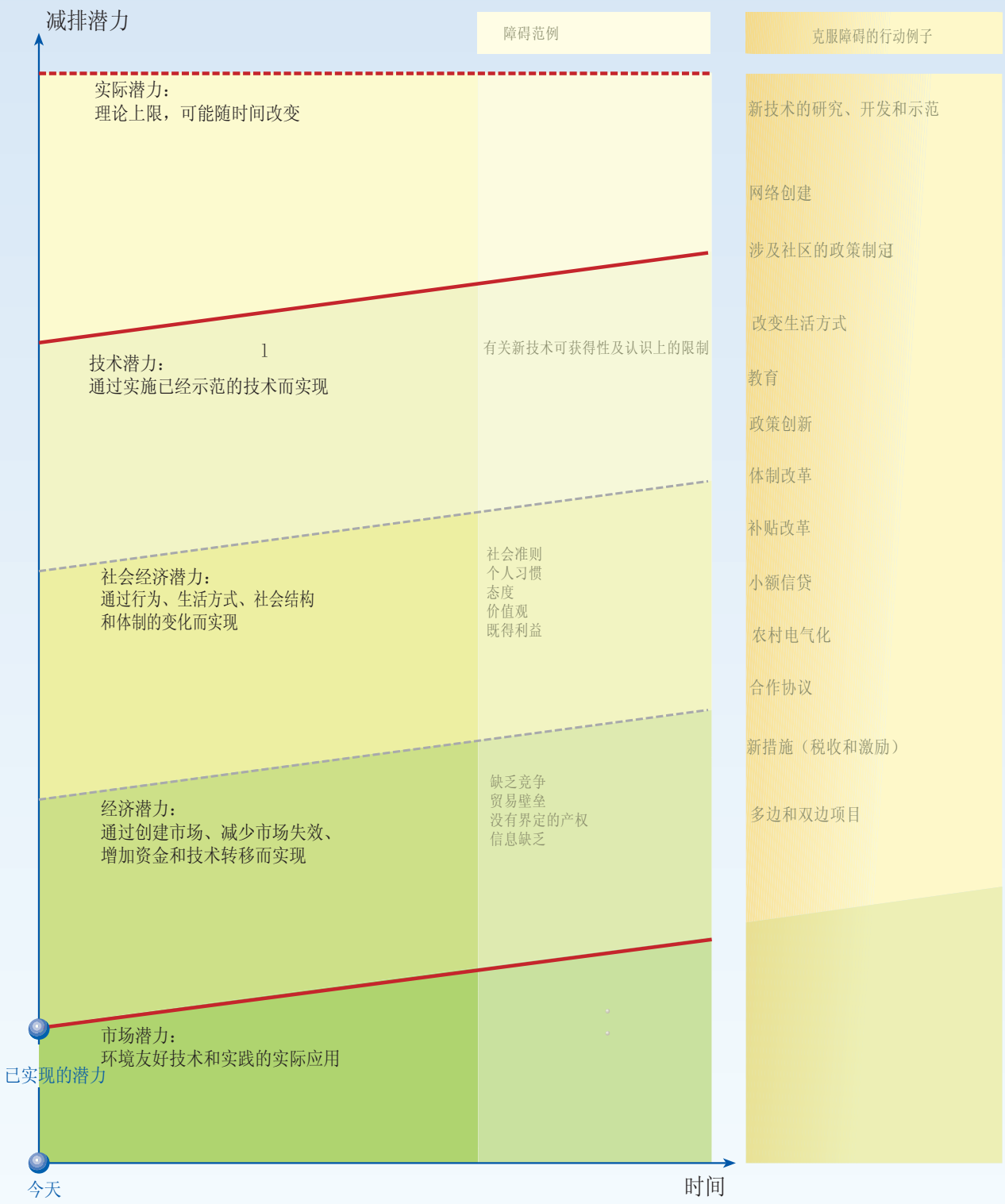


图7-1：环境友好技术的渗透（包括实践）：概念框架。各种障碍阻挠不同潜力的实现。克服障碍的机会存在于创新项目、计划和资金安排之中。一项活动可以针对一个以上的障碍。可以推行同时针对所有层次的障碍的活动。它们的实施需要公共政策、措施和手段的配套。在经济和技术潜力之间的任何地方都可能有社会-经济潜力。

WGIII TAR 第 5.2节

WGIII TAR 第 2.4.5 & 10.3.3节, & SRTT SPM

7.10 **适当的人员和机构能力建设可以在任何阶段增加国内和跨国的技术流动，并改进其质量。**环境友好技术的转让已被看作是达到可持续发展和减缓气候变化的管理的可获得性和政府调控技巧能够加强国际投资的流动，帮助推动技术转让。技巧可以由建立相关服务的竞争，机构的技能，立法和执法能力改善而得到加强。能力建设是一个连续过程，需要跟上由技术和社会变化而产生的减排选择的进化。

WGIII TAR 第10.3.3节 & SRTT SPM

7.11 **通过合理的经济政策和法规框架、透明和政治稳定，政府可以为私人和公共部门的技术转让创造有利的环境。**在宏观层次上应考虑的行动包括立法系统改革、保护知识产权、开放竞争市场、减少腐败、阻止商业限制性措施、出口信贷改革、政治风险但保、削减束缚性援助、发展基础设施和通讯设施、改善宏观经济稳定性。在部门和项目层次上的行动包括燃料和电力价格合理化、能源工业体制改革、改进土地使用权、项目审批透明化、进行地区技术需求评价和技术的社会影响评价，新技术的跨国研究开发和示范项目。

WGIII TAR第10.3.3节 & SRTT SPM

7.12 **形成私人和公共参与者的网络，并着重于能满足或适应当地需要和优先性的、并具有多种效益的产品和技术，将培育有效的技术转让。**国家创新系统（NSI）通过采取(a)加强教育体制，(b) 收集、评价和散发技术、商业、财政和法律信息，(c) 技术评价，示范项目和广泛服务，(d) 支持市场中介机构，(e)更新财务机制，可以帮助技术转让。国家和多边援助的增加可帮助动员和多元化额外的资金来源，包括官方援助，来帮助国家创新系统的活动。

7.13 **增加如排放贸易[14]和技术转让等国际合作将降低减排成本。**

7.14 大量采用自下而上和自上而下方法的研究报告了温室气体减排的成本（见框7-1的定义）。限制化石燃料的温室气体排放的成本变化很大，取决于对方法、假设条件、排放情景、政策工具、报告年份和其他评判标准的选择。

WGIII TAR 第 1.5, 3.3-8, 5.3-4, & 6.2节

7.15 **自下而上的研究提出存在大量的低成本减排机会。**根据对某些技术和部门的自下而上的评估（见框7-1），表7-1提出的减排潜力的一半可以在2020年以直接效益大于直接成本的方式实现，另一半可以以直接成本最多100美元/吨碳当量(1998年价格)的方式实现。然而由于下述理由，实现这些潜力也许很困难。这些成本估计采用的贴现率是5～12%，与公用部门的贴现率一致。私人部门的内部收益率变化很大，一般都相当高，影响到在私人企业中采用这些技术。根据排放构想，2010-2020年的全球排放将能在按净成本减少到2000年的水平以下。实现这种减排将涉及额外的实施成本，在一些情况下这是很重要的；对支持政策的可能需求；增加研究开发；有效的技术转让和克服其他障碍。在第三工作组《第三次评估报告》中评估的对全球、地区、国家、部门、项目的各种研究都有不同的范围和假设。不存在对每个部门和地区的研究。

[14] 这种基于市场的方法允许利用或买卖超出减排额度部分的温室气体减排量来抵偿国内或国外的其他排放源的排放。此处排放贸易广泛用于排放权交易和以基于项目的合作。

WGIII TAR 第 3.3-8, 7.6.3, 8.2-3, & 9.4节, & WGIII TAR 框 SPM-2

框 7-1 用于成本估计的自下而上和自上而下方法:关键因素和不确定性的重要性。

由于各种原因，减排成本的定量估计总是被重大的差别和不确定性所包围。成本估计的差别源自于(a)分析所采用的方法，(b)分析过程中隐含的因素和假设。自下而上的模型结合对现有和预期的广泛技术的工程成本的详细研究，很详细地描述能源消费。然而，它们一般相对较少地包含非能源消费者的行为及与其他经济部门的相互作用。自下而上模型估计的成本可以从负（由于采用无悔选择）到正。负成本表示减排选择的直接能源效益超出其直接成本（净投资、运行和维护成本）。市场和机构障碍会对采用这些选择产生阻止、推迟或增加成本的作用。包含实施和政策的成本将增加自下而上模型估计的成本。

自上而下的模型是经济集约模型，通常从对历史趋势和关系的分析来预测经济部门之间的大规模相互作用，特别是能源部门的其余经济部门的相互作用。自上而下模型一般相对较少地包含能源消费和技术变化。自上而下模型的成本估计通常从零到正。这是因为在自下而上模型中估计出的负成本选择假定在基准情景和政策情景中被采用了。这是两类模型估计有差别的重要因素。

隐含某些因素将导致较低的成本估计，而另一些因素将导致较高的估计。包括多种温室气体、吸收汇、衍生的技术改变、排放贸易能够得到较低的成本。另外，研究建议某些温室气体的排放可以以零或负成本得到限制，其前提时利用政策，如纠正市场干预、计算附带效益和有效的税收再分配来创造无悔的机会。推动经济有效减排的国际合作能降低减排成本。另一方面，计入对短期宏观经济冲击的可能性、在利用国内和国际市场机制方面的约束、较高的交易成本，包括附带成本、低效税收再分配将得到较高的成本估计。因为没有一个分析包含影响减排成本的所有相关因素，成本估计将可能不反映进行减排行动的实际成本。

WGIII TAR 第 4.3-4节

7.16 **到目前，自下而上分析对土地利用、土地利用变化和森林部门的成本估计的变化很大，而且在计算重要的成本构成方面不一致。**到目前，自下而上分析对土地利用、土地利用变化和林业部门的成本估计的变化很大，从几个热带国家的每吨碳0.1美元到20美元，到非热带国家的每吨碳20美元到100美元。财务分析和碳核算的方法是不可比的。许多时候，成本计算不包括基础设施的成本，合适的贴现，监测、数据收集和实施成本，土地的机会成本和维护的成本，或其他反复的成本。该成本常常是或被排除或被夸大。在这一范围内的低的一端被认为带有低估的趋向，随着时间推移，对成本的了解和处理正在改善。生物减排选择可能减少或增加非二氧化碳温室气体的排放。

WGIII TAR 第 8.2-3节

7.17 **若干全球经济模型（自上而下）[15]报告：为满足给定的近期CO_2排放目标而实施的国内短期政策选择的减排成本在地区内和地区间变化很大（如图7-2a附件二地区的棕色线和表7-3a所示）。**模型在区域内的差别源于对未来GDP增长、碳强度、能源强度（不同社会-经济发展途径）的各种假设，同样的原因也适用于地区间的差别。这些模型假设国家政策工具是有效的并与国际政策工具相一致，即假定减排是在每个区域内利用市场机制（即设上限和贸易）得到。在某种程度，混合使用市场机制、命令和控制政策的区域，成本似乎较高。另一方面，包括固碳、非CO_2温室气体，包括技术变化、附带效益或年收入再循环的目标将减少成本。

[15] 上述参考模型报告了检验排放贸易的效益的能源模型论坛（EMF）的结果。在此处所报告的分析的模型不包含吸收汇、多种气体、附带效益、宏观经济冲击及引发的技术变化，但包括总体的税收收入再循环。上面的无悔选择包括在基准线内。

WGIII TAR第 TS 8.3, 7.3, 8.3, 9.2, & 10.2节

7.18 **上述研究模型表明京都机制对控制给定的国家的高成本风险很重要，因此能够补充国内政策机制和使不良国际影响的风险降到最低。**例如，图7-2b中的棕色线和蓝线和表7-3b表示满足《京都议定书》目标的国内边际成本在没有排放贸易时为20美元/吨碳到600美元/吨碳，在有附件B国家间的排放贸易时为15美元/吨碳到150美元/吨碳。在进行这些研究时，大多数模型没有包括吸收汇、非二氧化碳温室气体、CDM、负成本选择、附带效益或有目的的税收再分配，这些都会降低估计的成本。另一方面，这些模型还有低估减排成本的假设，如在附件B国家内和国家间充分的、无交易成本的排放贸易，以及对减排响应时完全有效的并从1990年到2000年就开始了为满足京都目标的经济调整。附件B国家排放贸易对成本的削减将取决于实施的细节，包括国内和国际机制的兼容性、约束条件及交易成本。下面给出附件B国家GDP变化的宽大范围：

- 对于附件二中的国家，上述模型研究表示与2010年预测相比的GDP损失。图7-2表示没有附件B国家排放贸易时，GDP损失的范围是0.2~2%。有附件B国家排放贸易时，GDP损失的范围是0.1~1%。国别研究则由于考察了更多的政策组合和具体的国家情况，变化范围就更宽。

- 对于多数转型经济，对GDP的影响是从可忽略到增加若干百分点，反映出附件二国家所没有的改善能源效率的机会。在假设一些国家大幅度能源效率改善和/或继续经济衰退的条件下，在第一承诺期的分配的排放额度将超过预期的排放量。在这种情况下，模型显示，GDP将因出售所分配的排放额度的收入而增加。然而，另有一些经济转型国家，履行《京都议定书》将使其GDP受到和附件二国家相似的影响。

WGIII TAR 第 8.3.2 & 9.3.1-2节

7.19 **尽管排放约束已经在附件一国家很好地建立了起来，对非附件一国家却有不同的“溢出效应”[16]。**

- *非附件一石油输出国家：分析分别报告了不同的成本，在其他成本以外，特别是预期的GDP减少和预期的石油收入减少。*研究报告表明2010年最低成本是：在没有排放贸易时，GDP将降低0.2%，有附件B国家排放贸易时，GDP损失小于0.05%[17]。研究所报告的最高成本为2010年的石油收入在没有排放贸易时降低25%，在附件B国家进行排放贸易时降低13%（见表7-3c）。这些研究没有考虑附件B国家排放贸易以外的能够减少对非附件一石油出口国影响的政策和措施[18]，所以趋向于对这些国家的成本和总成本的高估。对这些国家的影响还可以通过取消对化石燃料补贴，按照含碳量重新设置能源税、增加天然气的使用和非附件一石油出口国经济多元化来进一步减少。

[16] 溢出效应仅包括经济影响，不包括环境影响。

[17] 这些成本估计可用2000－2010年之间GDP增长率的差别表示。没有排放贸易，GDP增长率减少0.02个百分点，有附件B国家的排放贸易，每年增长率减少不到0.005个百分点。

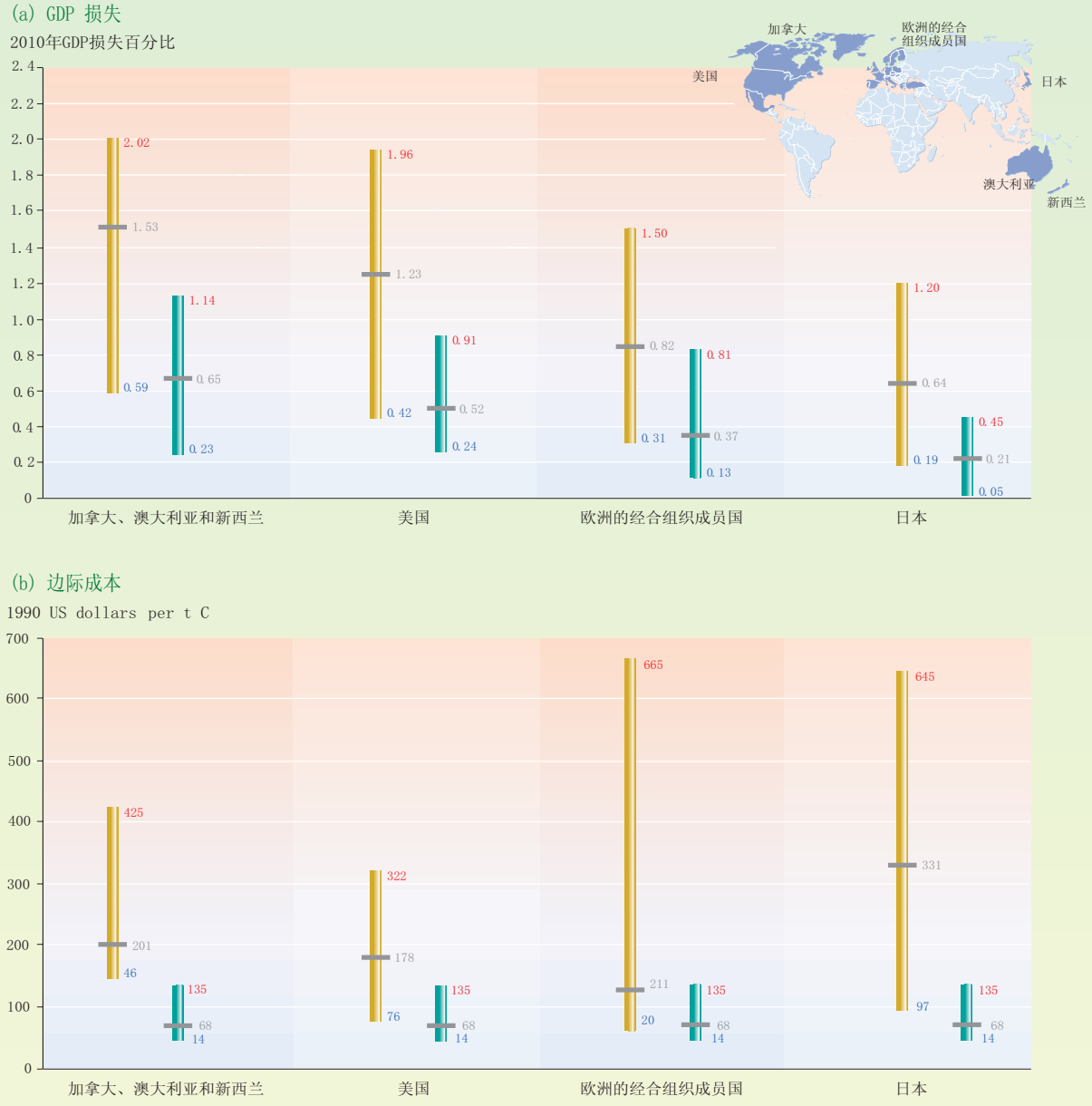


图7-2 ： 全球模型预测的2010年附件二国家GDP损失和边际成本。(a)GDP损失和(b)边际成本。预测的2010年GDP的减少是相对于GDP的模型参考情景。这些估计根据能源模型论坛的研究得到。图中报告了含有附件二的4个区域的预测结果。模型检验了两个情景。首先，各区域在仅有国内排放贸易的条件下进行规定的减排。第二个情景，允许全部附件B国家间排放贸易，各区域的减排边际成本达到相同。这些研究隐含的关键因素、假设和不确定性见框7-1。

WGIII TAR 第 8.3.1 & 10.4.4节

表 7-3 能源模型论坛模型结果比较。[a]

(a) 对各种与附件B国家满足京都目标相关的排放贸易主张的(以GDP的百分比计的)损失计算。

	没有贸易				附件一贸易			
模型	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本
ABARE-GTEM	1.96	1.96	0.94	0.72	0.23	0.47	0.13	0.05
AIM	0.59	0.45	0.31	0.25	0.36	0.31	0.17	0.13
CETA		1.93				0.67		
G-Cubed	1.83	0.42	1.50	0.57	0.72	0.24	0.61	0.45
GRAPE			0.81	0.19			0.81	0.10
MERGE3	2.02	1.06	0.99	0.80	1.14	0.51	0.47	0.19
MS-MRT	1.83	1.88	0.63	1.20	0.88	0.91	0.13	0.22
RICE	0.96	0.94	0.55	0.78	0.54	0.56	0.28	0.30

(b) 边际减排成本（1990年美元每吨碳；2010年京都目标）。

模型	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本	附件一贸易
ABARE-GTEM	425	322	665	645	106
AIM	147	153	198	234	65
CETA		168			46
Fund					14
G-Cubed	157	76	227	97	53
GRAPE			204	304	70
MERGE3	250	264	218	500	135
MIT_EPPA	247	193	276	501	76
MS-MRT	213	236	179	402	77
RICE	145	132	159	251	62
SGM	201	188	407	357	84
WorldScan	46	85	20	122	20

(c) 根据不同模型得到的石油输出国对于履行《京都议定书》的成本。[b]

模型[c]	没有排放贸易[d]	附件一国家排放贸易	"全球排放贸易"
G-Cubed	-25% 石油收入	-13% 石油收入	-7% 石油收入
GREEN	-3% 实际收入	"明显降低损失"	n/a
GTEM	0.2% GDP 损失	<0.05% GDP 损失	n/a
MS-MRT	1.39% 福利损失	1.15% 福利损失	0.36% 福利损失
OPEC	-17% OPEC 收入	-10% OPEC 收入	-8% OPEC 收入
CLIMOX	n/a	-10% 某些石油输出国收入	n/a

[a] 表7-3a由WGIII TAR表TS-5得到，表7-3b由WGIII TAR表TS-4得到，表7-3c由WGIII TAR表TS-6得到。

[b] 石油输出国的定义不同。在G-Cubed模型和OPEC模型中是OPEC国家；在GREEN模型中，是一组石油输出国家；在GTEM模型中，是墨西哥和印度尼西亚；在MS-MRT模型中，是OPEC 国家加墨西哥；在CLIMOX模型中，是西亚和北非石油输出国。

[c] 模型报告了按照《京都议定书》目标，对通过施加碳税或拍卖排放权所得的收入集中对消费者支付来再循环，对2010年全球经济所产生的影响（通常模型仅用于2010年的减排而不是2008~2012年）。没有考虑附带效益的结果，如减少地区环境污染危害。

[d] "贸易"指国家间的排放权贸易。

n/a = 无可用数据。

- *其他非附件一国家：可能会受到OECD国家减少对他们出口的产品的需求和高碳排放强度及其他他们必须继续进口的产品价格上涨的负面影响。这些国家也可能从燃料价格下降、高碳排放产品出口增加、环境友好技术和决窍的转让中获益*。对一个给定的国家，平衡的结果取决于这些因素中的主导因素。因为关系复杂，区分受益者和受损者有很大的不确定性。

- *碳泄漏：一些碳排放强度高的工业在非附件一国家可能的重新分布和价格变化对贸易流的广泛影响可能引起5~20%的碳泄漏*[19]。税收减免（如对高耗能工业）将造成所不希望的碳泄漏的较高的模型估计结果，将增加集约的成本。而模型中不包括的环境友好技术和决窍的转让将降低泄漏，特别是在长期内将起到比抵消泄漏更多的作用。

WGIII TAR 第 5.3-5, 7.3.3, 8.2.2, 8.2.4, 9.2.1-2, 9.2.4, 9.2.8, & 10.4节

7.20 **一些温室气体排放源能够以无成本或消极性社会净成本而得到限制，在某种程度上，政策能够开拓出无悔成本的机遇。这些可能通过克服市场不完善、计算附带效益（见问题8）、收入再分配以减少不合理税收（双重获利）来达到。**

- 市场不健全。减少市场或机构失灵和其他阻碍采用经济有效减排措施的障碍，可以降低相对于目前的私人成本，也可以降低总体的私人成本。

- 附带效益。减缓气候变化措施将对其他社会问题产生影响。例如，在许多情况下减少碳排放将同时减少地区和区域空气污染。减排对策也将影响交通、农业、土地使用和垃圾管理，还将影响其他社会关注的问题，如就业和能源安全。然而，并非所有影响都是正面的，小心地选择和设计政策可以较好地保证正面影响并减少负面影响。尽管很难估计和变化范围很大，有时减排的附带效益的大小可与减排措施的成本相当，从而增加无悔措施的潜力。

- 双重获利。某些措施（如税收或拍卖排放权）使政府得到收入。如果这些收入用来抵消现存的不合理税收（收入再分配），这些收入将减少温室气体减排的成本。抵消的程度取决于现有税收结构、所削减的税种、劳动市场情况和再分配的方式。在一些条件下，可能产生经济效益大于减排成本。

在长期稳定大气中温室气体浓度的潜力、障碍、机会、政策和成本

7.21 稳定温室气体浓度的成本取决于目标值和排放途径

WGIII TAR 第 2.3.2, 2.4.5, 2.5.1-2, 3.5, & 8.4节, & WGIII TAR 第 3章附录

7.22 **达到未来低排放的途径不是唯一的，国家和区域将选择他们自己的方式。大多数模型结果指出已知的技术选择[20]可以使大气中的CO_2在很宽的范围内达到稳定水平，如100年或以后达到550ppmv，450ppmv或以下，但实施这些技术则需要相关的社会经济和体制改变。**为达到这些稳定水平，情景研究建议全球单位GDP的碳排放必须在1990年的水平上大大降低。对至关重要的能源部门，几乎所有的温室气体减排和稳定浓度情景都表示要在能源使用和供应方面引入高效技术，及引入低碳或无碳能源。然而，没有一种技术选择能达到稳定浓度所需的减排量。非能源和非CO_2温室气体的减排选择也能提供大量的减排潜力。

[18] 这些政策和措施包括：非CO_2温室气体和非能源过程的所有温室气体的政策措施；汇的抵消；工业重组（即从能源生产者到能源服务的提供者）；使用OPEC的市场力量；（附件B国家的）基金、保险、技术转让的活动。另外，研究一般不包括如下能减少减排成本的政策及结果：利用其他税收收入来减少减排措施的税收或支助减排措施；减少使用化石燃料所产生的环境方面的附带效益；减排政策造成的技术变化。

[19] 碳泄漏在此定义为由于附件B国家实施减排而造成的非附件B国家排放的增加，表示为附件B国家减排量的百分比。

[20] “已知技术选择”指当今已运行或示范阶段的技术，与本报告减排情景所参考的相同，不包括需要重大技术突破的新技术。因此，考虑到情景研究的时间区间，可以认为这是一种保守的估计。

7.23 **新的有经济竞争能力和环境友好技术的开发和扩散，能大大降低给定的稳定浓度水平的成本。**某一基本工作实体已经考虑了相对于满足不同的稳定水平的技术开发和扩散成本的含义。主要结论是减排成本严重依赖于开发和配置新技术的能力。成功的技术扩散的价值很大，取决于减排的幅度和时间安排、假设的参考情景、和技术的经济竞争性。

WGIII TAR 第 10.3.3章

7.24 **在决定减排成本方面，稳定浓度的途径与稳定的目标一样重要。**第二次评估报告以后完成的经济模型研究指出，当今世界的能源系统近期逐渐过渡到低碳排放经济，这将减少现有资本存量提前退役的成本，也将为投资于技术开发和扩散提供时间，也许能减少被锁定在迅速发展的低排放技术的较早版本中的风险。另一方面，更快的近期行动将能降低迅速的气候变化对环境和人类危害，同时减小气候和生态系统的惯性（见问题5），也能刺激已有的低排放技术的更快配置和对未来技术变化的强烈的近期激励，以减少被锁定在高碳排放强度技术中的风险，还能为以后更严格的浓度目标留有较大范围，如果根据科学和知识进步确认更严格的浓度目标是值得的。

WGIII TAR 第 2.3.2, 5.3.1, 8.4, & 10.4.2-3章

7.25 **百年尺度的经济有效性研究所估计的稳定大气CO_2浓度的成本随稳定浓度水平降低而增加。不同的基准线对绝对成本有很强的影响。**当浓度稳定水平从750ppmv到550ppmv时，成本增加是中度的；当浓度稳定水平从550ppmv到450ppmv时，成本大量增加（见图7-3），除非基准情景很低（见图7-4）。尽管模型预测长期的GDP全球增长路径将不会受到显著影响，但这不说明在某些短期内、某些部门或地区出现的大幅度的变化。这些结果不包含碳吸收，也没检验更雄心勃勃的目标将导致的技术变化的可能的效果。与每种浓度水平相关的成本取决于很多因素，包括贴现率、减排的时间分布、所应用的政策的措施，特别是基准情景的选择。例如致力于地区和区域可持续发展的情景，稳定在某一特别浓度水平的总成本将显著低于其他情景。随着时间的延伸，不确定性的问题将变得越发重要。

WGIII TAR 第 2.5.2, 8.4.1, 8.4.3, & 10.4.6章

7.26 **在整个21世纪，能源研究开发和社会学习能有助于革新后的能源技术的流动和应用。**

7.27 **较低的温室气体排放情景要求不同的能源供应和增加能源的研究与发展以加速环境友好的能源技术的发展与扩散。**对化石燃料燃烧的CO_2排放是21世纪大气中CO_2浓度变化趋势的主要影响因素，这一点是非常确定的。第三工作组《第三次评估报告》评价的资源数据意味着21世纪能源结构的变化和引入新的能源资源。化石燃料资源将不会限制21世纪的碳排放（见图7-5）。在探明的常规石油和天然气储量中，含碳量远少于把二氧化碳稳定在450ppmv或以上的相关累积排放量[21]。这些资源数据意味着21世纪能源结构的变化和引入新的能源。对能源结构及相关技术和投资的选择----或更多地指向非常规石油和天然气资源开发，或指向非化石燃料资源，或带有碳捕获和贮存的化石能源技术 — 将决定

WGIII TAR 第 2.5.1-2, 3.8.4, & 8.4.5章

[21] 参考某一特定的浓度水平并不意味着同意在这一水平上稳定。

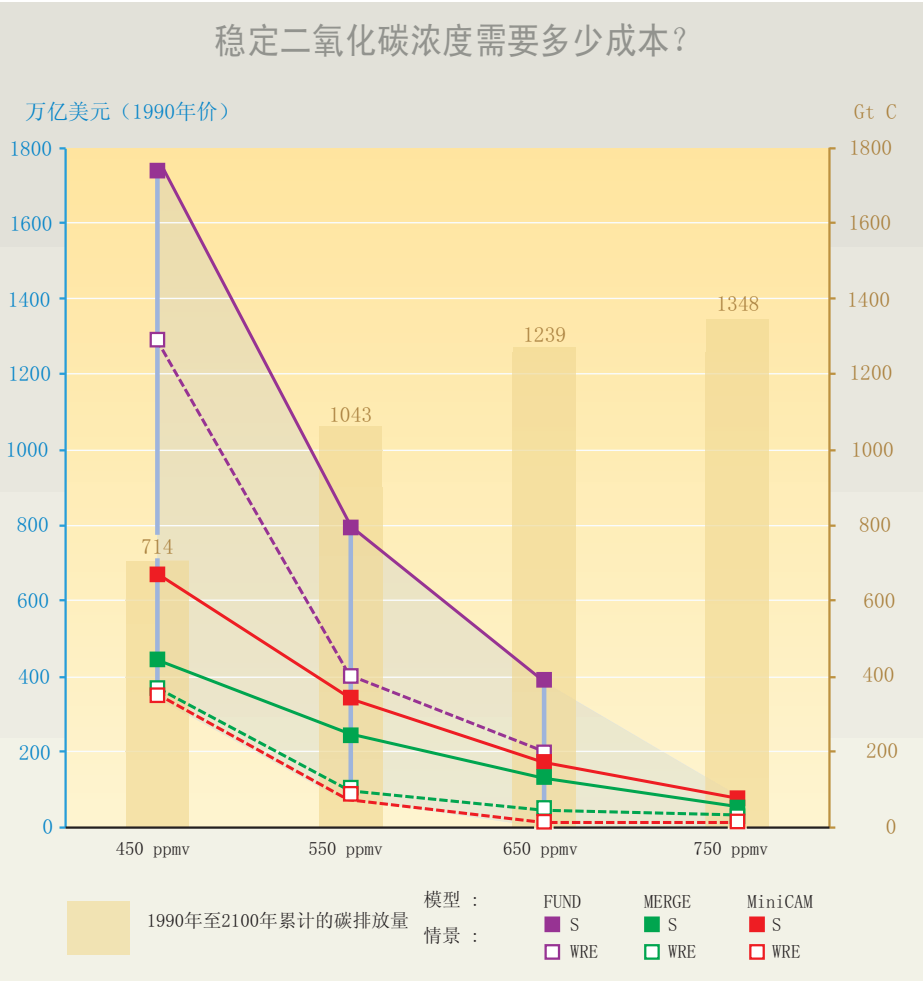
能否和以什么样的水平和成本来稳定温室气体浓度。

7.28 **在能源研究开发方面支出的减少与促进先进能源技术的发展与推广的目标不符。**附件二国家的政府对能源相关的研究开发支出在1970年石油涨价后激增，但80年代初以来，实际上在平稳地减少。在一些国家，减幅达75%。节能和可再生能源的研究开发方面的支持在增加。然而，其他与气候变化有关的重要能源技术，例如商品化生物质和碳捕获和贮存，在能源研究开发中一直仅占很小的比例。

WGIII TAR 第 10.3.3章 & SRTT 第 2.3章

7.29 **社会学习和创新以及体制改变将对减缓气候变化起到作用。**集体作用和个人行为的改变可显著影响温室气体排放，但这些改变发生在复杂的机构、法规和法律设置中。若干研究提出现在的激励系统鼓励资源耗费型生产和消费，增加所有部门的温室气体排放（如交通和住房）。在短期，有通过社会创新影响个人和组织的行为机会。在长期，这种创新与技术变化相结合，能加强社会－经济潜力，特别是在当人们的偏好和文化标准趋向于低排放和可持续的行为时。这些创新常常遭遇阻碍，也许可以通过鼓励更多的公众参与决策过程来解决。这将对可持续性和平等的新探讨有所贡献。

WGIII TAR 第 1.4.3, 5.3.7, 10.3.2, & 10.3.4 章



WGIII TAR 第 2.5.2, 8.4.1, 8.4.3, & 10.4.6章

图7-3：根据不同模型的特定的基准线，用三个全球模型对CO_2浓度稳定在450~750ppmv时的成本（按1990年美元价，1990到2100年贴现率为5%的贴现值）进行了计算。不包括可以避免气候变化的影响。每个情况的成本计算都基于两种达到给定目标的排放路径：S（指第三工作组《第三次评估报告》的WGI排放路径）和在回应问题6时描述的WRE。柱图说明1990～2100年的累积排放。未来累计排放一直达到碳预定的上限，以10亿吨碳的单位标示在柱图的上方。

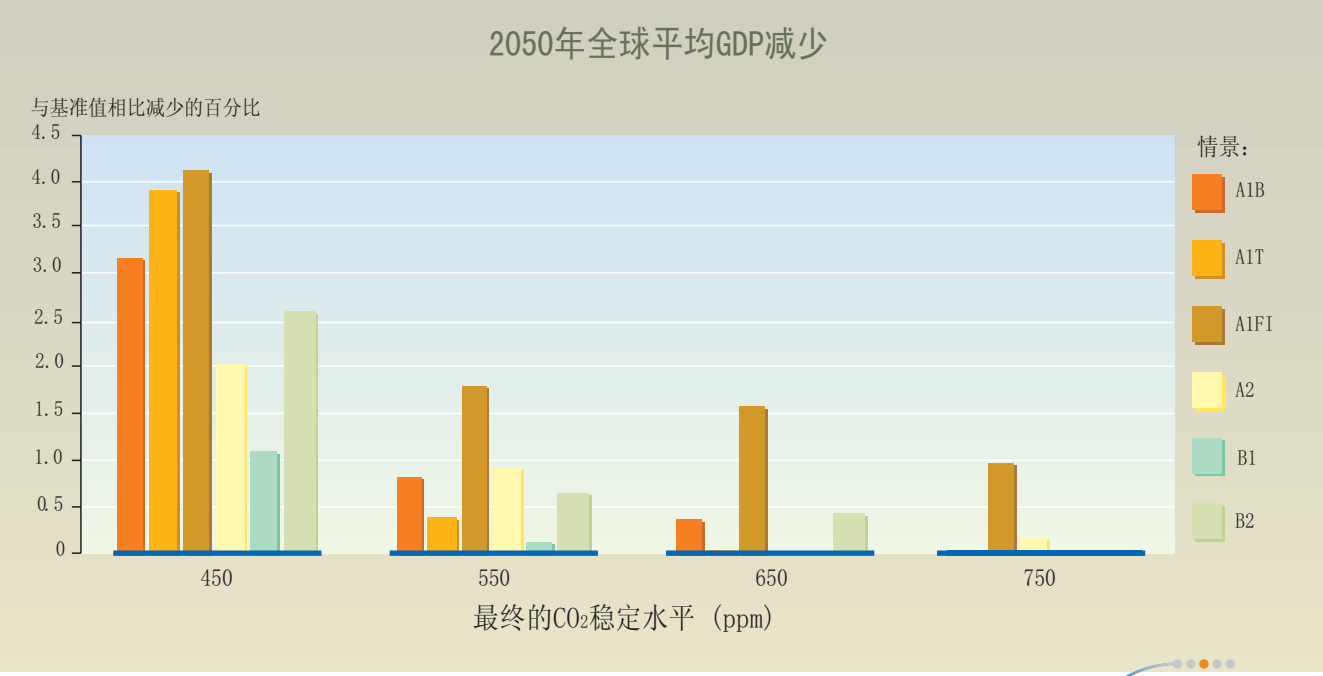


图7-4： 2050年GDP减少、SRES情景、稳定水平之间的关系。随着稳定水平更严格，GDP趋于降低。成本对基准情景的选择非常敏感。预测的成本没有计及避免气候变化的潜在效益。

WGIII TAR 图 8-18

综合的近期和长期考虑

7.30 **气候变化决策是在不确定性的条件下的连续过程。在任何时间的决策必须平衡行动不足或过度的风险。**

7.31 **制定谨慎的风险管理策略包括对后果（环境和经济），可能发生的事，及社会对风险的态度的仔细考虑。**社会对风险的态度可能在国家之间变化，也许在代际之间变化。本报告确认第二次评估报告的发现：较好的气候变化过程及影响和社会对其响应的信息可能是有很大的价值的。近期的气候政策是在稳定浓度目标仍处在争论的过程中作出的。文献建议目标在于稳定温室气体浓度的一步一步的决定。这也会涉及平衡行动不足或过度的风险。相关的问题不是“什么是下100年最好的目标”，而是“对预期的长期气候变化和相伴的不确定性，什么是近期最好的目标”。

WGIII TAR 第 10.4.3章

7.32 **稳定大气中温室气体的浓度将取决于超出《京都议定书》同意的减排量。**大多数SRES以后的情景分析提出，达到450ppmv稳定水平可能需要附件一国家在2008年到2012年的减排量远大于在《京都议定书》下承诺的减排量。这一分析也指出达到《京都议定书》承诺的减排总量将与达到550ppmv或以上的轨迹相一致。其他分析提出即使达到450ppmv的稳定水平，开始更缓和地脱离排放基准线，在以后的减排周期大幅度减排的方案。合适的减排途径受到系统惯性和对附件一国家初始减排与后续减排的力度和范围之间的相关限制的影响。

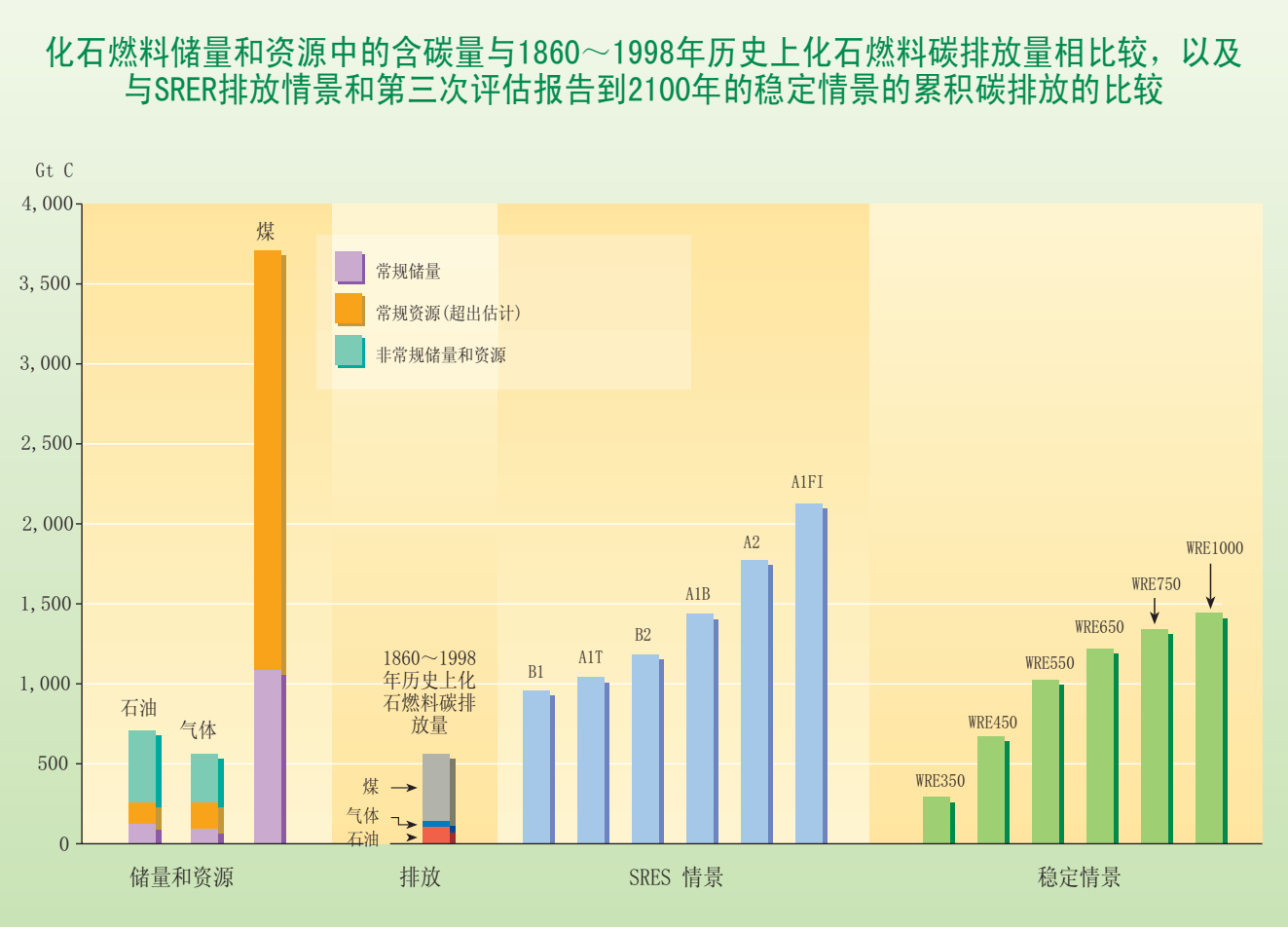
WGIII TAR 第 2.5.2 & 8.4 章

7.33 **减缓气候变化引起区域间和时序上的公平性考虑。**

7.34 **国家和区域间及国家和区域内，代际间的技术、自然和财政资源分布的差异，以及减排成本的差别，通常是减缓气候变化措施分析的关键问题。**对未来各国对减排的有区别的贡献和相关公平性等问题的许多争论也出于对这些问题的考虑[22]。针对气候变化挑战提出了公平性的重要问题，即在何种程度上气候变化的影响或减缓政策将造成或加剧国内、国家间、地区内、地区间的不公平和代际间的不公平。对公平不同方面的发现包括：

WGIII TAR 第 1.3, 2.5.2, 8.2.2, 10.2, & 10.4.5章

- 国内公平：除非税收收入直接或间接优先用于低收入阶层，大多数研究说明碳税的分布效应是逆的，可以通过收入再分配来全部或部分地补偿逆行性影响。



WGIII TAR 第 3.8.1章

图7-5：石油、天然气和煤炭储量和资源中的含碳量与1860～1998年历史上化石燃料碳排放量相比较，以及与SRER排放情景和《第三次评估报告》到2100年的稳定情景的累积碳排放的比较。左边的柱形图说明储量和资源的数据。非常规石油和天然气包括焦油沙、油页岩、其他重油、煤层气、深层高压地质气、水体中的天然气等等。没包括估计为12,000亿吨碳天然气水合物。情景的柱形图说明SRES参考形景以及不同的CO_2稳定浓度水平的情景。注意即便SRES情景在2100年的累积排放等于或小于稳定情景的排放，也不意味着这些情景将同样导致稳定。

- 国家和区域间公平：本报告评价的温室气体稳定情景假定发达国家和经济转型国家首先限制和减少其温室气体排放[23]。国家间和区域间公平的另一个方面是减缓气体变化可以抵消气候变化影响带来的更多的不公平。（见问题6）

- 代际公平：浓度的稳定更多地取决于累积量而不是年度排放，前一代的减排将减少对后代的减排要求[24]。通过任何一代的减缓气候变化来减少气候变化的影响都可促进代际公平，因为不仅是影响，特别对那些缺少资源的人的影响减少了，而且后代会有较小的气候变化要适应（见问题6）。

[22] 平等的方法分许多类，包括对分配、产出、过程、权力、责任、贫穷和机会等的考虑，反映了在判断政策过程及相应产出时对公平性的各种各样的期望。

[23] 所有区域的排放都从基准线的某些点分离。在某种程度上，稳定水平低或排放情景高时分离较早。这些情景是不确定的，也不能提供有关公平的含义的信息和如何达到这样的变化及谁承担所出现的成本。

[24] 见上面温室气体减排的时间安排的其他方面。

问题8

对于预测的人为因素引起的气候变化和其他环境问题(如城市空气污染、区域性酸沉降、生物多样性的减少、平流层臭氧损耗，以及荒漠化和土地退化)之间的相互作用，我们已知多少？为了以公平的方式将气候变化响应战略并入局地、区域和全球尺度上的广泛的可持续发展战略，我们对于环境、社会和经济成本与效益以及这些相互作用的内涵，我们已知多少？

8.1 对这个问题的回答公认以下两点：第一，人类对环境的影响表现在若干方面，多数是由与满足人类需求相联系的普通因素所驱动；第二，这些问题的多数起因和影响，是与生物地球物理过程和社会经济学相互联系的。对这个问题的回答评估了对目前主要环境问题的起因和影响之间相互关系的现实认识，重点评价了气候变化。对此，增加了对目前这些问题的大量分散的政策方法的概要。如果这样做，则勾画出与一个问题相关的抉择是如何对另外一个问题产生正面或负面影响的。具备了这些知识，有望存在有效的综合方法。

8.2 **局地、区域和全球的环境问题常常以多种方式结合在一起，共同影响可持续的人类需求的满足。**

8.3 **满足人类需求在许多方面使环境恶化，而环境恶化又会妨碍人类需求的满足。**社会发展具有一系列的社会-经济途径。然而，如果对环境给予适当的考虑，这些途径是可持续性的。环境恶化已经在局地、区域和全球尺度上得到证实，如城市空气污染、淡水匮乏、毁林、荒漠化、酸沉降、生物多样性的损失和在基因和物种水平上的变化、土地退化、平流层臭氧损耗及气候变化。人类过分地追求需求的满足造成或加剧若干方面的环境问题，这会增加气候变化的脆弱性。例如：为了提高农业产量，增加氮肥的使用量和灌溉量，将森林转变为农田。而这些农业活动又会通过温室气体的排放影响地球气候，通过侵蚀和盐渍化使土地退化，减少生物多样性。反过来，环境变化又会影响人类需求的满足。例如：农业生产力会受到降雨量和降水分布的不利影响，在城市环境中人类健康也会受到热浪的影响。

WGI TAR 第 3.4, 4.1 节, & 5.2, WGII TAR 第 4.1 & 5.1-2 节, & WGIII TAR 第 3.6 & 4.2节

8.4 **正如不同的环境问题常常是由相同基础的驱动因子(经济发展、广泛的技术变化、人口规模、生活方式及人口变化（人口、年龄结构和迁移）及管理结构）所引起的那样，共同障碍制约了对种种环境和社会-经济问题的解决。**很多相同的障碍束缚着环境问题改善的方法，例如：

- 对自然资源和能源的增长的需求；
- 市场不完善：包括导致资源低效利用，对环境友好技术的市场渗透设置障碍的政府补贴；对自然资源真正价值的认识不足；未能拨出专款用于当地的具有全球价值的自然资源；未能将环境退化的代价反映在资源市场价格上；
- 有限的技术利用和转移、技术的低效利用以及对未来技术研究与开发的不当投资；
- 对自然资源和能源利用的不当管理。

WGIII TAR 第 5 章, SRES 第 3 章, & SRTT TS 1.5

8.5 **通常认为相互独立的若干环境问题之间，实际上是通过常见的生物地球化学循环和社会-经济过程与气候变化联系在一起的。**

8.6 图8-1表明气候变化与其他环境问题之间是怎样联系的。

地面臭氧空气污染和气候变化

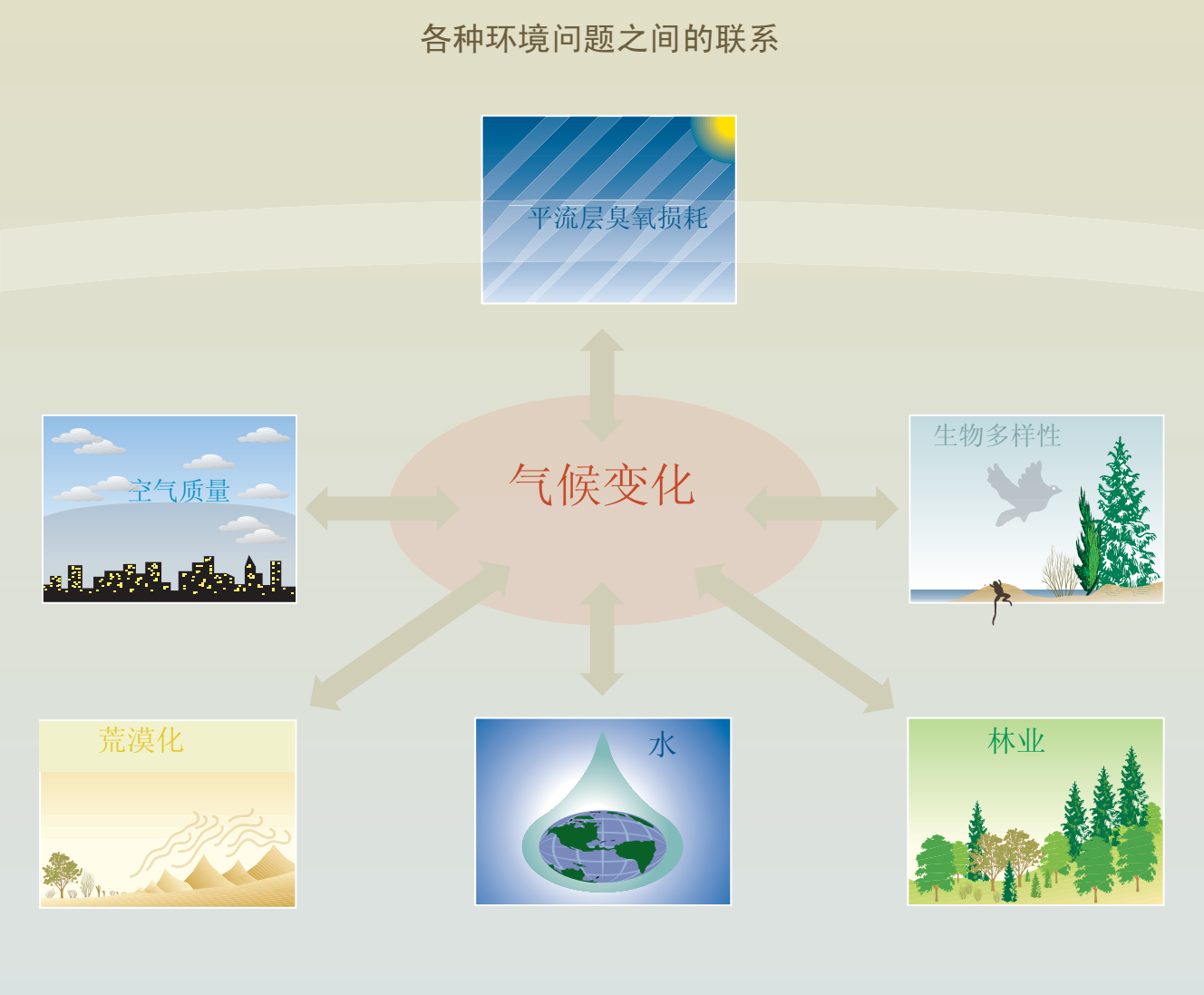


图8-1：气候受制于其中的环境分量的相互作用的地质化学过程和循环的控制。该框架显示了这些问题的一部分。为求简单明了，这些问题之间单个的双向箭头表示了若干其中的联系。例如：生物和生态过程通过控制进入大气或从大气中消耗的水汽和其他温室气体的量，在区域和全球尺度上对调整地球气候起着重要的作用。气候的变化影响生态系统(如森林)的分界线组成和功能，森林结构和功能的变化通过生物地球化学循环，特别是碳、氮和水的循环影响地球气候系统。还存在其他的链接，如空

8.7 **地面臭氧空气污染及排放对全球气候变化起着重要作用。**产生地面臭氧污染的相同物质(氮氧化物、一氧化碳和挥发性的有机化合物)同样也会引起全球对流层中臭氧的增加，并使之成为继二氧化碳和甲烷之后排在第三位的主要辐射强迫因子(见图2-2)。在一些区域，生成臭氧物质的排放是通过区域环境协议和其他规则来控制的（见表8-3）。

WGI TAR 第 4.2.3-4节

8.8 **全球气候变化和正在上升的对流层臭氧背景值会加剧城市的污染问题。**基于若干SRES情景的预测结果表明：在北半球中纬度的大部分地区，对流层臭氧浓度增加了40ppb或更多。这样的增加几乎倍增了很多大城市的臭氧浓度基准值，这大大地降低了空气质量。气候变化也会影响控制光化学反应的气象条件(区域温度、云量和地面风速)和主要污染事件的发生频率。尽管较高的温度将会产生更

WGI TAR 第 4.4.4 & 4.5-6节, & WGII TAR 第 7. 2.2.3 & 9.6 节

多的城市臭氧、污染事件发生的频率和强度的变化还尚未进行评估，但伴随着人为的气候变化而来的热浪次数的增多，将加剧由于城市空气质量所造成的对健康的不利影响。

酸沉降和气候变化

8.9 **从化石燃料燃烧所排放的硫生成的硫酸盐气溶胶导致酸沉降和气候系统变冷。**酸沉降对陆地和水生态系统都会有不利影响，并对人类健康和很多物质造成损坏。由于气候变化（例如湿度和温度增加），一些影响可能会加剧。许多国家都已经采取措施减少硫的排放，最近几年在一些区域已经观测到硫酸盐沉降的减少(见表8-3)。在SRES情景中，这种情况已经导致对未来硫酸盐气胶的浓度预测低于第二次评估报告的值。反过来，这导致了对气溶胶辐射强迫较小的预测，亦即对温室气体引起的温暖化的抵消作用较小。

WGI TAR 第 5.2.2.6, 5.5.3, 6.7, & 6.15 节, WGII TAR 第 5.6, 5.7.3, & 15.2.4.2 节, & SRES 第 3.6.4 节

平流层的臭氧损耗和气候变化

8.10 **平流层的臭氧层损耗导致UV-B辐射增强和气候系统冷却。**在最近二十年，观测到的平流层臭氧的损耗已经减少了(目前比较寒冷的)平流层下部向对流层的红外线辐射。平流层臭氧损耗也已经改变了对流层臭氧的浓度，并且随着更多的紫外线太阳光进入对流层，它已经导致更快的甲烷光化学破坏，减少它的辐射强迫。这些作用也导致气候系统的冷却。

WGI TAR 第 4.2.2 & 6.4 节

8.11 **造成臭氧层损耗的很多卤化物也是主要的温室气体。**例如，自从进入工业时代，氯氟烃(CFC$_S$)的增温作用是总的辐射强迫的重要一部分。由于平流层臭氧损耗(上面提到的)引起的变冷使氯氟烃的增温作用大约减少一半。《蒙特利尔议定书》将最终消除这两种辐射强迫的影响。但是，有一种替代CFC$_S$的物质是氢氟烃，该物质在《京都议定书》中也被列为温室气体。这样会引起两个议定书目标之间的潜在冲突。

WGI TAR 第 4.2.2 & 6.3.3 节

8.12 **在下一个50年的时间中，气候变化将改变平流层的温度和风的格局，可能增强氯氟烃对平流层臭氧的损耗。**温室气体的增加一般会导致平流层更冷，这改变了平流层的化学过程。一些研究预测，未来十年内，在氯氟烃浓度大量减少之前，目前的气候变化将导致北极地区上空平流层臭氧层损耗的显著增强。尽管很多气候／臭氧层之间的反馈作用已经确认，但是在这一评估报告中尚未达成定量的共识。

WGI TAR 第 4.5, 6.4, & 7.2.4.2 节

生物多样性、农业、林业和气候变化

8.13 **陆地和海洋生态系统的变化与气候的变化紧密相关，反之亦然。**气候的变化和大气中二氧化碳浓度的变化引起生物多样性和一些生态系统功能的改变。反之，生态系统的变化又影响陆地与大气之间温室气体（如CO_2、CH_4、N_2O）、水分与能量的交换，改变地表反射率。因此，理解它们之间的综合作用及反馈机制，对于评价未来大气、自然系统及其生物多样性的状况是必不可少的。

WGI TAR 第 4.5.3 节

8.14 **自然气候的波动已经显示出气候变化对自然和管理生态系统的影响。**例如，人类历史上洪灾、干旱和热浪的例子不胜枚举。而且，与厄尔尼诺相关联的变暖事件证明气候格局的改变对鱼类、海洋哺乳动物及沿海和海洋的生物多样性有不利影响。海平面升高、海洋温度升高、CO_2浓度增加及风暴频率和强度的变化影响沿海生态系统，如珊瑚礁、盐沼及红树林。表8-1给出了气候变化对区域尺度自然生态系统的主要影响。

WGII TAR 第 5 & 6 章

8.15 **气候变化只是处于管理和未管理状态的生态系统遭受众多胁迫的一种。**土地利用变化、资源需求、营养和污染物质的沉积、收获、放牧、栖息地的破坏与损失以及入侵的物种等都是生态系统的主要威胁。它们可能导致物种灭绝，引起生物多样性的丧失。因此，气候变化作为一个额外的胁迫，可能改变或危及生态系统及它们所提供的各种服务。结果，气候变化的影响还受到自然资源的管理措施、适应措施及与其他胁迫之间的相互作用的影响。图8-2举例说明气候变化与食物供应与需求的其他因子之间的相互作用方式。

WGII TAR 第 5 & 6 章, & WGIII TAR 第 4.1-2 节

8.16 **气候变化可能影响未管理状态生态系统中物种的分布和迁移。**许多物种的数量已经受到灭绝的威胁，由于变化着的气候胁迫，预期它们将被置于更加危险的境地，致使当前的栖息地变为不适宜。第二次评估报告以来的植被分布模型表明：由于不同物种具有不同的气候适应能力、不同的迁移能力，不太可能发生大规模的生态系统和生物群系的迁移，但会受到新物种入侵的影响。最后，从相关的角度看，气候变化会加速害虫和病害的传播，从而影响自然生态系统、农作物及家畜（如：气温和湿度阈值的变化使害虫和病害迁移到新的地区）。

WGII TAR 第 5章

8.17 **处于自然和管理状态的生态系统，特别是森林的碳储存能力，，改变气候变化的影响和反馈。**比如，森林、农业用地及其他陆地生态系统孕含着巨大的碳减排潜力。虽然不一定是持久性的，碳的保持和吸收可使我们赢得时间进一步发展和采取其他的选择。陆地生态系统的退化可能会由于气候变化而加剧，影响到碳的储存，且当前的毁林行为更会增加这些胁迫。应当注意，如果不进行适当的管理，将来CO_2的排放量将会更大。比如，放弃对森林火灾的控制或在农业方面将直播方式转变为精耕细作方式，至少可能会造成部分累积的碳快速地排放。

WGIII TAR 第 4.3节 & SRLULUCF SPM

土地退化、荒漠化和气候变化

8.18 **预测的气候变化的程度可能加剧许多地区过去几个世纪就已发生的土地退化和荒漠化。**土地利用的转变和集约化的土地使用方式，特别是世界上干旱和半干旱地区，已经造成土壤肥力下降、土地退化及荒漠化程度增加。这些变化足够大，从卫星遥感图像上清楚可见。土地退化已经影响100个国家的9亿多人口，世界四分之一的土壤资源，他们中的大多数生活在发展中国家。每年记录到的数百万公顷的土地减少将会明显地破坏经济基础，导致一些不可逆转的情况发生。采用SRES情景的《第三次评估报告》预测结果表明：在中纬度内陆地区干旱增加、降水强度增大、降水分布更不规律、以及热带夏季干旱更加频繁。可能受到影响的系统包括与水资源匮乏、牧场和土地下沉有关的系统(见表8-2)。

WGI TAR 第 2.7.3.3, 9.3, & 10.3节, WGII TAR 第 5.5节, & WGII TAR 表 SPM-1

表 8-1 气候变化对自然生态系统、生物多样性和食物供应观测和预测的区域潜在影响的个例。

区域	影响	在TAR WGII中的参考章节
非洲	气候变化将会加快生物多样必不可逆转的损失。预测到植物和动物物种的明显灭绝，将会影响农业生计、旅游和基因资源（中等可信度）。	TS 5.1.3 & 第10.2.3.2节
亚洲	由于热力和水胁迫、海平面上升、洪水和干旱以及热带台风引起的农业生产和水产养殖的减产将会降低在干旱、赤道和温带亚洲的许多国家的粮食安全，在北部区域农业生产将会扩展和增加（中等可信度）由于土地利用和土地覆盖的变化和人口压力，气候变化将加剧对生物多样性的威胁（中等可信度）。海平面上升将置生态防护带于危险之中，包括红树林和珊瑚礁（高可信度）	TS 5.2.1-2 & 第 11.2.1-2节
澳大利亚新西兰	1℃的温度上升就会威胁物种的生存，这些物种目前已接近它们承受的温度范围的上限，尤其是在高山边缘地带。在受限制的气候小环境中的某些物种和由于地貌土壤差别或地形的分裂而无法迁徙的物种将会变得很危险或灭绝（高可信度）。在澳大利亚，对于气候变化特别脆弱的生态系统包括珊瑚礁、澳大利亚西南和内陆地的干旱和半干旱栖息地，以及澳大利亚高山系统。澳大利亚和新西兰沿海区域的淡水湿地都很脆弱、而新西兰的一些生态系统对于杂草的加速入侵很脆弱。	TS 5.3.2 & 第12.4.2, 12.4.4-5, & 12.4.7节
欧洲	自然生态系统将会由于温度和大气CO_2浓度的增加而变化。自然保存意义上的多样性将会处于快速变化的威胁之下。重要的动物栖息地（湿地、冻土和孤立的栖息地）的损失将会威胁一些物种，包括珍稀/地方性的物种和候鸟。广义地讲，对北部欧洲的农业有一些正面影响（中等可信度）；南欧和东欧生产力将下降（中等可信度）。	TS 5.4.2-3 & 第 13.2.1.4, 13.2.2.1, 13.2.2.3-5, & 13.2.3.1节
拉丁美洲	已经充分确认拉丁美洲是地球上最大的生物多样性集中地之一，预计气候变化的影响将会增加生物多样性损失的风险（高可信度）。即使考虑CO2的效应，在许多地方预测的主要作物的产量也是减少的；在一些区域口粮的生产也将受到威胁（高可信度）。	TS 5.5.2 & 5.5.4, & 第 14.2.1-2节
北美洲	强有力的证据表明：气候变化将会导致特有的生态系统类型的损失[如高原山地、独特的海岸湿地(如盐沼、内陆大草原"壶穴")等]（高可信度）。伴随着CO_2浓度的增加，一些作物将从适度的温暖化中受益，但效果随作物和区域不同而改变(高可信度)，包括加拿大草原和美国大平原上一些区域的干旱引起的产量下降，加拿大北部现在的产区潜在的粮食产量的增加，暖温带混合林产量的增加(中等可信度)。然而，作物受益的增加率将会衰减，并可能随着更进一步的升温而变为净损失(中等可信度)。独有的自然生态系统如大草原湿地、高山冻土、冷水生态系统将会处于危险之中，并且有效的适应是不可能的(中等可信度)。	TS 5.6.4-5 & 第 15.2.2-3节
北极圈	北极圈地区对于气候变化极端脆弱，预计主要的物理、生态和经济影响会很快出现。	TS 5.7 &第16.2.7-8节
南极圈	在南极圈，预测的气候变化将要产生的影响将会缓慢地实现(高可信度)。温度的升高和冰盖的减少很可能引起南半球海洋的物理海洋学和生态学的长期变化，伴随着生物学活动的加强和鱼类的生长速度的增加。	TS 5.7 &第16.2.3 & 16.2.4.2节
小岛国	预测的未来气候变化和海平面上升将影响物种的构成和生存方面的改变。估计在已知的濒危植物中，三分之一(30%)为海岛所特有，同时23%的鸟类物种也会受到威胁。依赖于经常的稳定环境状态的珊瑚礁、红树林、海草床等会受到大气和海洋温度上升和海平面升高的不利影响(中等可信度)。沿海生态系统的衰退将会对礁类水生植物产生消极影响，威胁礁类渔业生产(中等可信度)。	TS 5.8 &第17.2.4-5 & 17.2.8.2节

淡水和气候变化



图8-2：该图显示出气候变化和其他环境因子在粮食供应和需求上的联系。由于世界人口的增长，不断增加的粮食需求，需要生产更多的粮食。而这反过来又带来一系列与土地利用有关的问题，如将荒地改良为农田(粗放)；使用化肥和/或利用灌溉增加产量（集约化），或开发其他的不可利用的土地。由于生态系统转变为仅生长少数物种(通常为外来植物)的农田，耕地扩大导致生物多样性的减少。因为森林被牧地或农田取代，森林转变为农田相对于大气引起碳的净损失。由于农业系统的保水能力低于森林，森林砍伐将增加洪水发生的可能性。集约化的作物生产包括一系列化学措施，而这些措施大部分是施用氮肥，导致释放含氮化合物(其中有些是很强的温室气体)到大气中和含氮径流至流域的副作用，带来许多环境和健康问题。灌溉的扩张影响其他用途的淡水供应，导致水使用权的不足和纠纷。满足增加了的农业生产的需要都会潜在地增加全球生物多样性损失的速率、气候变化和荒漠化。特别地，还存在水是构成所有这些问题的基础的相互关系，但为简单计未在图中示出。

表 8-2 气候变化对水资源、土地退化和荒漠化区域影响的个例。

区域	预测	在WGIITAR的参考章节
非洲	降雨量的变化和土地利用的加强将加剧荒漠化进程。荒漠化将会由于西非撒哈拉、北部非洲、南部非洲国家的年平均降雨量、径流和土壤湿度的减少而加剧(中等可信度)。干旱和其他极端事件的增加可能会添加对水资源、食物安全和人类健康的胁迫，制约该地区的发展(高可信度)。	TS 5.1.6, 第10 ES, 10.2.1 & 10.2.6节, & 表 SPM-2
亚洲	水的短缺——已经是生态系统、食物和纤维的生产、人类设施和人类健康一个制约因子——可能会由于气候变化而加剧。在亚洲干旱和半干旱地区径流和水的利用率可能减少，但在亚洲北部可能会增加(中等可信度)；夏季土壤湿度的减少将会加剧干旱和半干旱地区的土壤退化和荒漠化。	TS 5.2.3 & 第11.1.1 & 11.2.3节
澳大利亚新西兰	由于厄尔尼诺和南方涛动(ENSO)引起的年际波动将导致澳大利亚和新西兰严重的洪水和干旱。由于温室气体排放量的增加，预计这种变化还会持续，并可能伴随着更大的水文极端事件出现。 由于预测的许多区域干燥趋势和更多类似厄尔尼诺事件状态的变化，水很可能会成为一个关键问题（高可信度）。水质会受到影响，而更强的降水事件会增加快速径流、土壤侵蚀及冲积物的载荷。富营养化是澳大利亚水质的主要问题。	TS 5.3 & 第12.1.5.3 & 12.3节
欧洲	在欧洲南部，夏季径流、水利用率和土壤湿度很可能减少，并可能使北欧和南欧的差距更大(高可信度)。在欧洲大部分地区洪灾将增加(中高可信度)；洪水将增加沿海地区受到侵蚀和导致湿地减少的巨大风险。一半的高山冰川和大量永久冻土地区在21世纪末期将消失(中等可信度)。	TS 5.4.1, 第13 ES章, & 第13.2.1节
拉丁美洲	基于模型试验的研究揭示：随着极端降雨量和干湿期分布的变化，在气候变化的条件下水文循环可能会更加剧烈。在过去十年，墨西哥频繁的严重干旱与这些模型的部分研究结果一致。厄尔尼诺与巴西东北部、亚马孙河北部地区和秘鲁-玻利维亚高原状盆地的干旱状态有关。巴西南部和秘鲁西北部这些时期显示出不规则的湿润状态。冰川的损失和后退会对该地区的径流和水供应造成不利影响，该地区的融雪是一个重要的水源(高可信度)。	TS 5.5.1, 第14 ES章, & 第14.2.4节
北美洲	在北美西部以融雪为主的流域，将会遭受春季洪峰的提前到来(高可信度)和夏季流量的减少(中等可信度)；适应性的响应措施可能会抵消一部分对水资源和水生态系统的影响，但不是全部(中等可信度)。	TS 5.6.2, 第15.2.1节, & 表 SPM-2
小岛国	水供应非常有限的小岛国，对于气候变化对水平衡的影响是非常脆弱的(高可信度)。	TS 5.8.4, 第17.2.6节, & 表 SPM-2

WGII TAR 第 4.1, 4.4.3, 4.5.2, & 4.6.2节

8.19 **所有三种类型的淡水问题——过少、太多和太脏——都可能会由于气候变化而加剧。**淡水对于人类健康、粮食生产、卫生设施、制造业和其他工业用途，以及维持生态系统是必不可少的。有若干水资源紧张的指标，当回收利用大于整体可更新资源的20%时，水资源紧张常常是发展的制约因子，40%或更多的回收利用意味着水资源高度紧张。同样，一个国家或地区的人均水资源少于每年1700M^3，水的短缺将会成为问题。在1990年，大约三分之一的世界人口用水超过水资源的20%，而到2025年，仅仅由于人口增长，大约60%以上的人口将会生活在用水紧张的国家。更高的温度将会加重这种紧张情形。然而，通过采取适当的水资源管理措施可以减轻不利影响。随着世界人口的持续增加，尽管气候变化仅仅是水资源紧张的因素之一，但很显然它是一个非常重要的因素(见表8-2)。应用SRES未来气候情景，《第三次评估报告》预测显示，许多地区在大多数情景下洪水和干旱发生的风险呈增加趋势。在一个更加温暖化的世界上的部

分地区，如南部非洲和地中海周边国家，水的可利用率降低。由于海平面升高，许多沿海系统将会遭受咸水侵蚀地下淡水及潮水侵入海湾和河流，并对淡水的利用产生一系列的影响。

8.20 **一些国家水资源管理者正开始明确地考虑气候变化，尽管实施方法尚未完全确定。**究其实质，水资源管理是基于最小的风险适应变化着的环境，现在也包括变化着的气候。所采取的方法也已逐渐从“供方”(即通过增大水库容量供水以满足对水资源的需求或建设防洪设施等)向“需方”(即适当调整水的需求与可用水量一致，更有效地用水及不修防洪抗旱设施等)转移。

WGII TAR 第 4.2.4节

8.21 **气候变化和其他环境问题之间的相互作用，为在发展响应对策、增进有利影响和降低成本方面获取协同作用提供了机遇(见图1-1)。**

8.22 **通过获取协同作用，一些温室气体减排行动可以为其他若干环境问题产生广泛的附加效益，但也会有不利影响发生。**特别的范例包括：减少诸如城市空气污染和酸沉降这样的负面环境影响；保护森林、土壤和水域；降低不适宜的补贴和税收；以及更有效的技术更新和传播、有利于更广泛的可持续发展目标的实现。但是，这有赖于找出解决气候变化或其他环境问题的方法，以及对相关问题的重视程度，也会产生明显的不利影响及蒙受意想不到的损失。例如，减少能源和土地利用部门的温室气体排放的政策选择会对其他环境问题带来正负两方面的影响。

WGIII TAR 第 3.6.4, 4.4, 8.2.4, & 9.2.2-5节

- 在能源部门，温室气体排放以及局地和区域污染物可以通过下列方法来减少：高效的环境友好的能源使用、增加低碳排放化石燃料的份额、先进的化石燃料技术（如局地高效混合循环汽轮机、蜂窝燃料和混合热电）和可更新能源技术（如增加对环境友好生物燃料的使用、水电、太阳能、风能和潮汐能）。增加生物量的使用来替代化石燃料，会对土壤、生物多样性和水的利用产生正面的或负面的影响，这取决于土地利用和管理体制。

- 在土地利用部门，生物碳库的保持不仅能阻止碳排放到大气中去，而且还对土壤生产力具有有利的影响，防止生物多样性的损失和减轻由于生物量的燃烧造成的空气污染问题。通过造林而固定的碳能加强碳汇储量、保护土壤和水域，但如果发展不当，将可能对生物多样性和水的利用产生负面影响。例如：在一些行动中，只种植一种作物的农业经营方式会减少生物多样性。

8.23 **相反，解决气候变化以外的其他环境问题具有附加的气候效益，但各种问题之间的联系同样可能会导致负作用。**例如：

WGIII TAR 第 2.4, 9.2.8, & 10.3.2节, & SRES

- 旨在减轻空气污染的政策可能大量地减少温室气体排放。例如：日益严重的污染通常是与所有区域快速增长的交通部门有关，颗粒物质和臭氧污染的前体物质包括其中。通过提高能效或扩大非化石燃料能源的使用来减轻这些污染物的排放对人类健康、农业和森林的影响，同时也能减少温室气

体的排放。

- 控制硫排放对人类健康和植被都有正面的影响，但硫酸盐气溶胶部分抵消了温室气体的增温效应，因此，控制硫的排放会增强可能的气候变化。如果在发电厂通过对烟道气体的脱硫来控制硫的排放，会招致能源罚款及温室气体排放量的相应增加。

8.24 **采用环境无害化技术和措施对经济、环境和社会的健康发展提供了特别的机遇，同时避免温室气体排放。**例如：供需双方在应用高能效技术的同时，减轻了各种与能源有关的环境影响，而且可降低在能源投资上的压力，缩减公众投资、提高出口竞争力和扩大能源储备量。采用更具可持续性的农业措施(如在非洲)表明气候变化的减缓、环境保护和长期经济效益彼此之间有相互促进的效果。农田林网和有机农业的引入或推广能在增进食物安全的同时减少温室气体的排放量。分散式经营的发展模式在中小型城市中起着更强的作用，这种经营模式能减少农业人口的迁移、减轻对交通的需求，而且可以使用环境无害化技术(生物燃料、太阳能、风能和小型水力发电)发掘巨大的自然资源储备。

WGII TAR 第 7.5.4节 & WGIII TAR 第 10.3.2节

8.25 **减小对气候变化的脆弱性通常能减小对其他环境胁迫的脆弱性，反之亦然。**例如：

WGII TAR 第 4.1-2 & 7.5.4 节

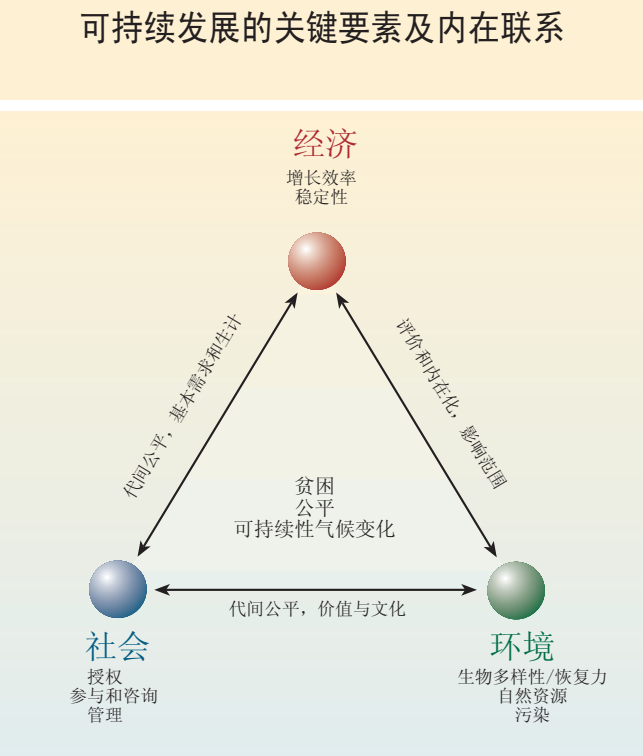
- 保护濒危的生态系统：以可持续的方式来消除社会压力和管理资源也能帮助独特和濒危的系统适应由于气候变化而造成的额外压力。考虑潜在的气候变化和综合社会-经济需求与发展计划能使生物多样性保护战略和气候变化的适应措施更加有效。

- 土地利用管理：解决或避免土地退化也减少了对气候变化的脆弱性，特别是当响应策略考虑社会和经济因素，这些因素限定了土地利用措施及其气候变化引起的额外风险。在一些区域森林采伐持续地进行着，导致碳的损失和洪峰径流的增加，通过再造林恢复植被(并尽可能地造林)和植被恢复有助于防治沙漠化。

- 淡水管理：常常由于人口和发展的压力而引起的淡水可利用率、丰富程度和污染问题，会因气候变化而加剧。减少对水资源压力的脆弱性(如通过节水、水需求管理和更有效的水利用)可以减少对气候变化带来的额外胁迫的脆弱性。

8.26 **寻求环境政策和诸如发展和公平性这样的主要国家社会经济目标的协同作用有助于缓解和减少对气候变化的脆弱性，以及促进可持续发展。**可持续发展是与确定每一个社区状况的环境、社会和经济要素密切联系的。图8-3体现了可持续发展的各要素之间的相互联系，展示了一些重要的问题如气候变化、可持续性、贫困、公平性与这三个基本要素有关。正如气候政策能产生改善福利这样的附加效益一样，非气候的社会-经济政策可以带来气候效益。这样的附加效益的利用会促使发展更具可持续性。环境、社会和经济挑战之间存在复杂的相互

WGIII TAR 第 1.3.4, 2.2.3, & 10.3.2节, & DES GP



DES GP

图8-3：三角形的顶点表示三个主要的方面或可持续发展的领域：经济的、社会的和环境的。经济领域重点适用于增进人类福利，主要通过增加货物和服务的消费。环境领域集中于保护生态系统的完整性和可恢复性。社会领域强调加强人类联系及个人和群体意愿的实现。三个领域之间联系的例子显示在三角形的边上。重要的议题，如气候变化、贫困、公平性、可持续性位于三角形之内，与所有三个领域相互作用。

作用，因此这三种类型问题的任何一种不可能孤立地得到解决。

WGII TAR 第 18章 &
WGIII TAR 第 1.5.1, 2.4.4, 5.3, 10.3.2, & 10.3.4节

8.27 **只有有限的经济资源、低水平的技术、贫乏的信息系统、不完善的基础设施、不稳定和脆弱的体制、不公平地分享和获得资源的国家不仅对气候变化非常脆弱，而且对其他环境问题也非常脆弱，同时适应这些变化着的环境和/或减缓它们的能力也非常小。**当气候政策与国家政策发展的非气候目标相结合并被转换成广泛的过渡措施来取得长期的可持续发展和气候变化减缓所需要的社会和技术变革时，这些国家的适应和减缓能力得以加强。

WGIII TAR 第 10.3.2节

8.28 **在多边环境协议中列举的环境问题中存在着大量的相互作用，在实施中也可利用其协同作用。**全球环境问题在一系列的公约和文件中提出，如《维也纳公约》及其《蒙特利尔议定书》、《联合国气候变化框架公约》、《联合国生物多样性公约》、《联合国防治荒漠化公约》和《联合国森林论坛》，以及一系列区域协议，如《关于长距离跨国界空气污染公约》等。表8-3提供了这些公约和文件。它们包含了有关共享或协调政府和民间组织来制定总体目标的类似的要求，如国家级履行的战略和行动计划框架的制定、数据收集和信息处理、人力资源和组织机构能力的更新和加强、统计责任等。它们也提供科学评估中可被利用的协同作用的框架(参见框8-1)。

表 8-3 国际环境条约节选。

公约和协议	通过的时间和地点
《南极圈条约》 – 《"南极圈条约"的环境保护议定书》	华盛顿，1959 马德里，1991
《关于湿地特别是作为水鸟栖息地的国际重要性公约》 – 《修正"关于湿地特别是作为水鸟栖息地的国际重要性公约"的议定书》	拉姆萨，1971 巴黎，1982
《防止船舶污染的国际公约》	伦敦，1973
《关于野生动植物濒危物种的国际贸易公约》	华盛顿，1973
《防止内陆源海洋污染公约》	巴黎，1974
《迁徙性野生动物保护公约》	波恩，1979
《UN/ECE关于长距离跨国界空气污染公约》 – 《关于监测和评估欧洲空气污染物长距离输送合作项目的长期财政议定书》 – 《关于减少硫排放或减少其跨国界通量至少百分之三十的议定书》 – 《有关控制氮排放或其跨国界通量的议定书》 – 《有关控制易挥发性有机化合物排放或其跨国界通量的议定书》 – 《关于进一步减少硫排放议定书》 – 《关于重金属议定书》 – 《关于持久性有机污染物议定书》 – 《对于减轻酸化、富营养化和地面臭氧的议定书》	日内瓦，1979 日内瓦，1984 赫尔辛基，1985 索非亚，1988 日内瓦，1991 奥斯陆，1994 奥尔胡斯，1998 奥尔胡斯，1998 哥德堡，1999
《联合国海洋法公约》	蒙特哥湾，1982
《维也纳臭氧层保护公约》 – 《关于损耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》	维也纳，1985 蒙特利尔，1987
《关于控制有害废弃物跨国界输送及其处理的巴塞尔公约》 – 《对"关于控制有害废弃物跨国界输送及其处理的巴塞尔公约"的修正》	巴塞尔，1989 日内瓦，1995
《UN/ECE跨国界水源和国际湖泊的保护和利用公约》	赫尔辛基，1992
《联合国气候变化框架公约》 – 《关于"联合国气候变化框架公约"的京都议定书》	纽约，1992 京都，1997
《生物多样性公约》 – 《关于"生物多样性公约"生物安全性的卡塔戈纳议定书》	里约热内卢，1992 蒙特利尔，2000
《联合国对遭受严重干旱和/或荒漠化、特别是非洲国家反荒漠化公约》	巴黎，1994 斯德哥尔摩，2001
《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》	纽约，2001
《联合国森林论坛》	

[a] 包括本项是考虑到在森林和它们的环境价值问题上达成条约的国际努力的重要性。

框 8-1 评估气候变化和平流层臭氧损耗。

《蒙特利尔议定书》的臭氧科学评估专业委员会和IPCC已经对关于平流层臭氧层和气候系统之间的耦合作用的认识状况进行了综合评价。在过去几年里，臭氧损耗的科学评估报告里已经包括了损耗臭氧气体的气候相关性。此外，这些评价还包括目前和未来气候变化和温室气体浓度是如何影响臭氧层恢复的。IPCC还评价了由于臭氧层损耗造成的气候致冷趋势。另外，还采取了一些联合行动，如评价航空对气候和臭氧层的影响、关于这些气体的全球增温特性的潜在决策是怎样影响《蒙特利尔议定书》中臭氧损耗气体(主要是HFCs)的替代品的减缓需求的。这些评估提供了关于一个问题的决策和行动是怎样影响另一个问题的，并且它们孕育着政策框架之间的有效对话。

WGI TAR 第 4.2, 5.5, 6. 13, & 7.2.4章, WGIII TAR 第 3 章附录, & SRAGA 第 4.2节

问题9

问题9

对于下面问题气候变化和模型预测的确凿性发现和主要不确定性是什么?

- 未来温室气体和气溶胶排放?
- 未来温室气体和气溶胶浓度?
- 未来区域和全球气候变化趋势?
- 区域和全球气候变化所产生的影响?
- 减排和适应对策的成本和效益?

介绍

9.1 **对气候变化及其影响、减排和适应对策的认识通过综合评价框架下多学科和跨学科研究、监测不断得到进展。**随着认识的深入，对政策制定来讲，一些发现就变得更加具有普遍性，一些不确定性对政策制定也更加重要。一些不确定性源于对数据和关键过程认识的缺乏，以及对于什么是已知的或可以知道的争议。其他不确定性与预测响应信息和事件的社会和个人行为有关。不确定性随着问题的复杂性而逐渐增强，这是由于出现一些附加因素包括了更综合范围的自然、社会和政治影响和政策反应。气候对人类影响的反应是不容置疑也没有选择的；但是人类社会可以对气候变化进行有准备的反应，在不同对策中进行选择。《第三次评估报告》和其他IPCC报告的一个目标是发现、评价、定量，如果可能的话减少这些不确定性。

9.2 **在这个报告中，气候变化中一个确凿性发现是在不同过程和方法、模型和假定中都成立，而且相对不受不确定性影响的结果。**可以期望将它们归结为可在该报告中所提出的“很好证实”(高度认同并且大量证据)和“证实但不完善”(高度认同但证据不足)一类。确凿性与可能性不同：一个结论“非常的不可能”的发现可能与“事质上确认”的发现一样确凿。《第三次评估报告》的一个主要进展是通过《排放情景特别报告》（SRES）给出了多个温室气体排放和浓度的趋势。确凿性发现是在很大范围这些可能的世界中能够维持的那些结论。

9.3 **这个背景下的主要不确定性是指，如果这些不确定性减小的话，会导致与这个报告中问题有关的新的和确凿的发现。**这些发现可以为需要解决的政策提供更好或更多的信息。这些不确定性永远无法得到完全解决，但它们可以通过更多的证据和认识来得到改善，尤其是通过寻找一致的结果和确凿的结论。

9.4 **确凿性发现和主要不确定性在综合评价框架的背景下同时出现。**

9.5 **本报告中描述的综合评价框架常常将模型预测中通用性结论和主要的不确定性放在一起。**这样的框架可以包括认识气候、生态圈和人类社会所有的学科。它强调在TAR不同工作组报告中描述的各系统之间的联系，同时考虑气候变化与其他环境问题之间的联系，以助于确认认识的差距。它可以说明这些主要的不确定性如何影响整个事件。图1.1说明适应和减排是如何在评价中被综合起来的。人类和自然系统将不得不适应气候变化，发展就会受到影响。适应可以是自发的，或者通过政府促进进行，适应行动可以减轻（而不是完全避免）气候变化对这些系统和其发展的一些影响。这些适应行动得到效益但要承担花费。温室气体的减排与适应性不同，它是从源头开始减少排放。它减少浓度水平（与可能出现的浓度相比），减少气候变化以及与气候变化有关的风险和不确定性。进而减少对适应的需求，以及气候变化的影响和对社会-经济发展的影响。同时与适应性主要以解决气候变化对当地的影响为目的不同，减排是解决气候系统的影响。减缓的主要效益是避免了气候变化，但它也有成本。另外，减缓可以提高附加效益（如减少空气污染改善人类健康）。一个完全综合方法

来评价气候变化将考虑包括图1-1中所有反馈的整个动态循环，但这无法在TAR中实现。

9.6 在表SPM-3中列出的许多确凿性发现与气候对人类社会活动的反应以及反应的迹象有关。许多重要的不确定性与反应的程度和/或时间的定量，以及对方法和假定改变的可能效果有关。

气候变化的起因

9.7 **现在已经有更强的证据说明人类对全球气候的影响。**

9.8 **不断增加的观测机构为变暖的世界提供了丰富的描述，而且模型研究指出过去50年中观测到的大多数地球表面的变暖是由于人类活动引起的。**从全球来讲，20世纪90年代非常有可能是仪器记录有史以来（即1861年以来）最热的十年。对于北半球来讲，近100年变暖的大小可能是过去1000年以来最大的。观测同时加上模型仿真，有更强的证据说明过去50年中观测到的大多数变暖是由于温室气体浓度的增加而引起的。这种观测也使模型对未来气候变化预测能力的信心不断提高。对人类影响更好的定量分析取决于自然变化的大小和特征，以及由于自然因素和气溶胶（特别是间接效果）产生的气候强迫，和相关的人为气候变化的区域趋势等主要不确定性的减少。

问题2.7 & 问题2.10-11

温室气体和气溶胶的未来排放和浓度

9.9 **人类活动增加了大气中温室气体的浓度。**

9.10 **1750年（工业化革命初期）以来，由于人类活动，CO_2（辐射强迫的最大贡献者）在大气中的浓度已经增加了大约31%，所有SRES情景都预测未来浓度将持续增长（见图9-1a）。**其他温室气体的浓度在1975年以来也上升了（如CH_4增加了150%，N_2O增加了17%）。在过去42万年中（在冰核中可以测试的范围）都没有超出目前CO_2的浓度，甚至可能在过去2000万年中都没有超过。上升的速度在过去20000年可持续的变化中是史无前例的。在基于一组SRES情景（详见框3-1）对未来温室气体浓度进行的预测中，CO_2的浓度将持续增长到2100年。大多数SRES情景显示，与2000年相比，2100年SO_2（硫基气溶胶的前体）的排放下降。一些温室气体（如CO_2、N_2O和碳氟化物）在大气中存留的寿命很长（一个世纪或更长），而气溶胶的寿命仅有几天。在各个假定中的主要不确定性决定了SRES情景中未来排放范围大，并决定了未来的浓度。这些不确定性包括人口增长、技术进步、经济增长、管理结构，是非常难于定量化的。而且对臭氧、气溶胶前体排放情景的研究还不充分。由于缺乏对碳循环模型以及包括气候反馈效果所有内在因素的了解产生了一些较小的不确定性。考虑所有这些不确定性使得2100年CO_2浓度的范围在490 到1260ppm（工业化前的浓度大约在280ppm，2000年大约在368ppm）之间。

问题2.4, 3.3, 3.5, & 5.3

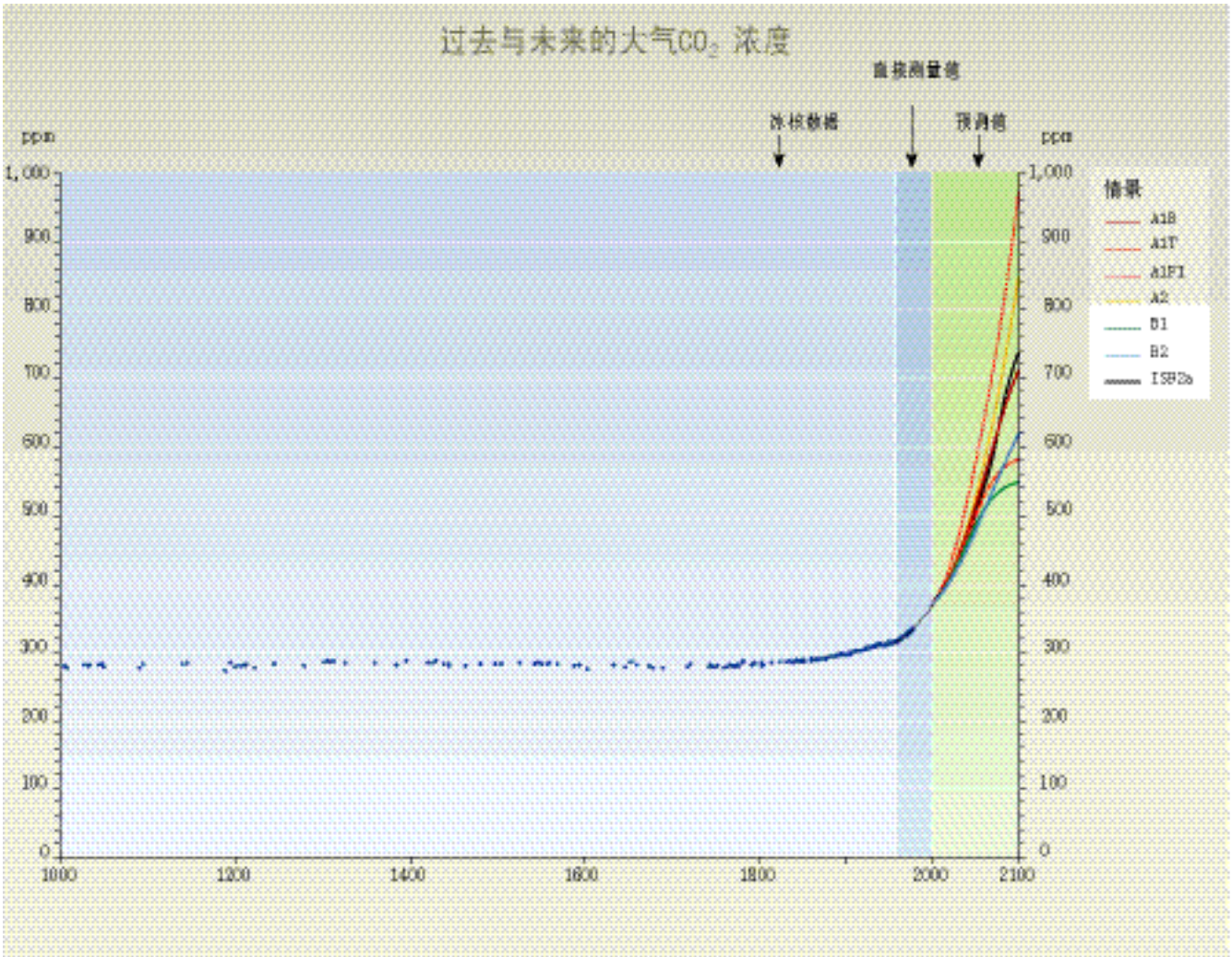


图9-1a：根据冰核和积雪数据,并辅以过去几十年中从大气直接采样的数据而得到的1000年到2000年的大气CO_2浓度。从2000年到2100年是基于SRES六个示样情景和IA92a情景（与第二次评估报告相比）计算得到的CO_2预测浓度。

WGI TAR SPM 图 2a & 5b

9.11 **化石燃料CO_2排放在21世纪CO_2浓度趋势中基本确定占据主导地位。**这已经在SRES情景范围中预测的化石燃料排放超过可预见的生态系统的汇体现出来。据估计即使所有由于土地使用变化导致的碳排放能够被陆地生物圈存储（如再造林）的话，CO_2的浓度也仅仅减少40到70ppm。在土地利用变化和生态圈对碳的释放、存储和排放的反馈的影响上还存在重要的不确定性，这些进而影响CO_2浓度。

问题4.11 & 7.4

未来区域和全球气候变化

9.12 **20世纪气候已经变化；据预测，21世纪变化将更大。**

9.13 **在所有SRES情景中，21世纪全球平均温度将持续上升，根据古气候数据，这种**

问题3.7, 3.11, & 4.5

上升速度非常可能在过去的1万年中是没有先例的（见图9-1b）。几乎所有陆地变暖可能将高于全球平均水平，尤其是在北方高纬度地区的寒冷季节。非常有可能会有更多炎热日子，严寒日子、冷潮和霜冻日子减少，日气温范围变小。

9.14 **在一个温暖环境中，水循环将变得更强。**全球平均降雨预计将上升。在许多地区会有强度更大的降雨（因此导致洪涝）。在中纬度大陆内部会出现更频繁的炎热夏季，因此带来干旱的危险。即使厄尔尼诺现象变化很小或没有变化，全球变暖可能带来干旱和暴雨等极端气候，增加出现洪涝和干旱的危险，这些已经在许多地区由于厄尔尼诺现象而发生了。

问题2.24, 3.8, 3.12, 4.2, & 4.6

9.15 **在一个温暖环境中，海平面将上升，主要由于热膨胀，以及冰川和冰盖的减少，这种上升即使在温室气体浓度稳定之后的几百年中继续保持。**这是由于深层海洋对气候变化的调整的时期长。冰层对气候变化的反应将持续几千年。模型预测区域（年均）升温将大于3°C，持续数千年后，会使格陵兰冰层完全溶化，海平面上升到7米。

问题3.9, 3.14, 4.15, & 5.4

9.16 影响未来气候变化预测定量分析的主要不确定性为与SRES情景相关的不确定性，以及用模型模拟气候变化，特别是对气候系统中重要的反馈过程的认识，尤其是包括与云和气溶胶等相关的气候反馈等的不确定性。考虑这些不确定性，从1990年到2100年，全球表面升温可能的范围是1.4－5.8°C（见图9－1b），海平面上升的范围是在0.09到0.88米之间。另外的不确定性是SRES情景预测的温度上升和海平面上升分布的可能性。主要不确定性同样也影响区域气候变化及其影响的详细结果，因为区域模型和驱动它们的的全球模型的能力限制，以及不同模型结果之间存在不一致性，特别是在一些地区分析和降雨分析方面。进一步的主要不确定性与机制、定量、时间范围和大规模突然/非线性变化的可能性有关。

问题3.6, 3.9, & 4.9-19

气候变化的区域和全球影响

9.17 **预测的气候变化将给环境和社会-经济系统带来有益和有害的影响，但是变化越大，变化的速度越快，有害影响将更加重要。**

9.18 **区域气候的变化，特别是温度的上升，已经在世界的许多地方产生，并将继续对多种自然和生态系统产生影响。**观测到的这种影响的例子有冰川的缩小、季节雪盖的减少、河流和湖泊中推迟结冰和提前化冻、北极冰层的消失、延长中和高纬度地区植物生长季节、植物和动物范围向两极和高纬度移动、改变一些动物和植物的季节迁移、使一些动物和植物的数量减少和破坏珊瑚暗礁等。所有SRES情景说明这些观测到变化的速率可能在未来会增加，21世纪变暖的趋势是20世纪观测到的2到10倍。许多自然系统对气候变化来说都是脆弱的：例如，海岸风暴潮的影响将由于海平面的上升而恶化，冰川和永久冻土带将持续退化。在一些中高纬度地区，植物（树木和一些农作物）的产量在温度稍微上升时将会提高，世界许多地区的植物的产量在温度上升高于（几）度时将下降。在许多热带和亚热带地区，对几乎任何温度上升产量都是下降的。

问题3.14 & 3.18-21

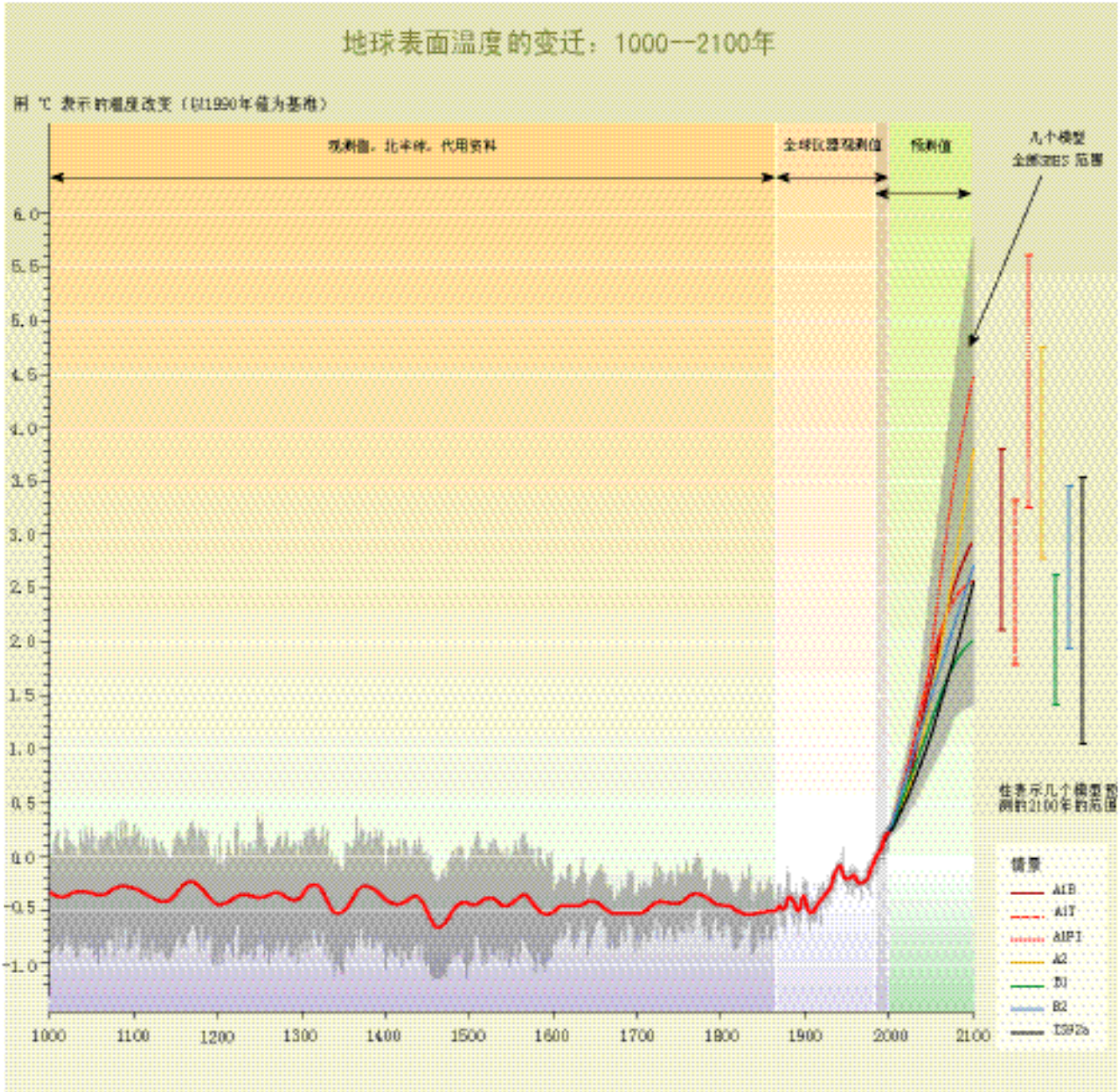


图9-1b：地球表面温度的变化：1000年到2100年。从代表数据（如树木年轮、珊瑚、冰核以及历史记录）构建出来的北半球平均表面气温（南半球充分的数据无法得到）显示出在1000年到1860年的变化。线表示50年平均，灰色区域表示每年数据95%信度限制。从1860到2000显示出仪器观测的全球和年均表面温度变化；线表示10年平均。2000年到2100年现实的是基于模型研究出的在平均气候敏感性下SRES六个示样情景和IA92a情景（与第二次评估报告相比）计算得到的全球平均表面温度。标记“几个模型全部SRES范围”的灰色区域表示35个SRES情景的全部范围外加不同气候敏感性下模型分析的范围。

WGI TAR SPM 图 1b & 5d

9.19 **生态系统和物种对于气候变化和其他（如观测到的区域温度变化产生影响所表明的）压力是脆弱的，有些将受到无法恢复的破坏和损失。**处于危险之中的自然系统包括珊瑚礁和珊瑚环岛、红树林、北部和热带森林、极地和高山生态系统、草原湿地以及残留自然草地等。虽然一些物种可能在数量和范围上会增加，但是气候变化将使一些更脆弱物种和生物多样性消亡的危险进一步增加。

问题3.18

已经得到比较好的证实，随着气候变化的强度和速度的增加，破坏或损失，以及受影响系统的数量会在地域范围上扩展。

9.20 **气候变化有可能不均衡地对发展中国家和这些国家的贫穷人群产生有害影响。** 预测的气候极端事件的变化将产生重要的后果，特别是对水和食物安全、以及人类健康产生严重的后果。人类社会和自然系统对极端事件的脆弱性通过干旱、洪涝、热流、雪崩和风暴等事件引起的破坏、困苦和死亡已经得到说明，这些在最近几十年中已经出现增长趋势。虽然在估计这种变化时有一些不确定性，但据预测，21世纪中，一些极端事件，诸如干燥和降雨，因而导致旱灾和水灾，其频率和强度将会增加。这种增加会伴随着对水的压力的增加（由于需求的增加这种压力已经出现），特别是在许多发展中国家，将影响食物安全和健康。相反，冷潮等极端低温事件的频率和大小，据预测未来将会减少，会产生正面和负面效应。

问题3.17, 3.21-22, & 3.33

9.21 **许多生活在小岛、低洼海岸地区的居民将处于来自于海平面上升和风暴潮引起的社会和经济影响的风险中。** 数千万生活在三角洲、低洼海岸地区和小岛上的居民将面临海平面上升后的迁移风险。由于风暴潮，海岸湿地的减少和河流减慢，未来负面影响还包括海水侵蚀和洪涝灾害。

问题3.23-24

9.22 确认和定量这种影响的主要不确定性来自于缺乏局部和区域气候预测的详细信息，特别是对极端事件的预测，没有充分考虑极端事件和灾害变化的后果，对一些非线性过程和反馈认识的限制；还有由于气候影响所产生的灾难成本，以及缺乏对不同地区关键过程的相关数据的掌握和了解的不确定性，评价和预测生态和社会经济系统对气候变化和其他压力如土地利用变化、当地污染等综合效果的反馈的不确定性等。

问题3.13, 4.10, & 4.18-19

减排和适应对策的成本和效益

9.23 **适应气候变化很有必要，其成本可以通过预估、分析和规划来降低。**

9.24 **由于气候的变化和相关的影响已经出现，适应不再是一种选择，它是一种必要，主动的和被动的适应，虽然在不同地方和部门之间会有所区别，但都具有减小许多气候变化不利影响，增加有利影响的潜力。** 但是，与人类系统相比，其潜力对自然系统来讲非常有限。不同地区适应气候变化的能力很大程度上取决于其目前和未来社会-经济发展的状态，以及所面临气候的压力。因此，发展中国家适应的潜力更有限，据预测他们会受到更多影响。对于中等程度或渐变的气候变化的适应要比大强度和突然的气候变化的适应容易。如果在任何地区，气候变化，特别是气候极端事件，比预期的更迅速，减缓人类脆弱性的适应潜力将减小。

问题3.26-28 & 3.33

9.25 **适应成本可以通过预计和计划来降低，而且许多成本相对较小，尤其是在适应政策和措施对其他可持续发展的目标作出贡献的情况下。**

问题3.31 & 3.36-37

9.26 关于适应性的**主要不确定性**与当地变化模型分析的不足，缺乏远见、对成本和效益认识的不足、可能的附加效果包括可接受性和实施的速度、适应的各种障碍，以及发展中国家更有限的适应机会和能力等有关。

问题3.27

9.27 **减缓最主要的效益是可以避免气候变化带来的不利影响所相关的成本。**

9.28 **温室气体减排（减缓）行动将减轻气候变化对自然和人类系统的压力。**综合来讲，对减缓气候变化全球主要效益的定量估计是不存在的。与1990年相比，平均气温上升高于（几）度，产生的影响主要是危害，因此减排的净主要效益是正的。一个主要的不确定性是在气候变化小于（几）度时有害和有益影响的净平衡。这些平均值掩盖了大的区域变化范围。

问题6.10

9.29 **减缓气候变化带来成本和附带效益。**

9.30 **为达到温室气体浓度的稳定，明显减少温室气体排放是必要的。**例如，对最重要的人为温室气体CO_2来讲，碳循环模型的结果说明，要将大气中CO_2的浓度稳定在450，650和1000ppm，将需要全球人为CO_2排放相应在几十年中、100年、200年降低到1990年水平以下，而且要在其后快速下降。排放将在未来一二十年内 (450 ppm)，在一个世纪内达到（1,000 ppm）达到峰值。最终稳定需要CO_2排放减少到比目前排放低一点的水平。主要的不确定性与气候变化反馈和未来不同的发展途径的可能性有关。

问题6.4

9.31 **减排的成本和效益在不同部门、国家和发展途径之间变化很大。**一般来讲，很容易确认一些部门如煤炭，可能还有油和气，以及高能耗部门非常可能在减排中受到损失。其经济损失更加直接、集中和明显。而可能获益的包括可再生能源和服务业，他们的发展将受到对低排放燃料和生产技术需求的激励。不同国家和发展模式有很不同的能源结构，因此他们也在减排中有不同的成本和效益。碳税会对低收入阶层产生负面影响，除非税收直接或间接用以补偿这种效果。

问题7.14, 7.17, & 7.34

9.32 **已经证实附件一国家的排放限制对非附件一国家存在“溢出”影响，当然这种影响的程度很不同。**附件一国家排放限制这种效果的分析表明预测的非附件一石油输出国的GDP和石油收益将减少。

Q7.19

9.33 **低排放情景要求能源资源的发展方式发生转变，增加能源研发资金以促进这种转变以及先进的环境无害化能源技术的发展。**化石燃料燃烧造成的CO_2排放无疑将给21世纪大气CO_2浓度变化趋势带来最重要的影响。《第三次评估报告》中的资源数据表明在21世纪能源结构会出现改变，引入新的能源资源。化石燃料资源将不会在21世纪限制碳排放。但是比起达到CO_2浓度稳定在450ppm或更高水平[25]时的累计碳排放，探明常规油气资源中的碳含量要低得多。这些资源数据可能表明在21世纪能源结构会出现改变和引入新的能源资源。能源结构，

Q7.27

相关技术和投资的选择ñññ不论是更多地开发非传统油气资源，还是开发非化石能源资源，或者带有脱碳或固碳技术的化石能源技术都将决定温室气体浓度是否可以稳定，如果可以，稳定的水平和成本是多少。主要的不确定性是未来能源和含碳燃料的相对价格，以及非化石燃料能源替代时与非常规石油和天然气资源相对的技术经济吸引程度。

9.34 **自1995年以来，节能和低碳技术进步已经取得显著成果，而且要比第二次评估报告预计的快。**净排放的减少可以通过改进生产和用能技术、转向低碳或无碳技术、CO_2去除和存储、改善土地利用和森林活动以及转向更持续的生活方式来实现。在风机、混合燃料汽车、燃料电池和地下CO_2存储等方面正在取得重要进步。主要的不确定性有：（a）导致成本实质性下降和低碳工艺和产品快速发展的技术突破的可能性；（b）未来这个领域中私人和公共研发的开支规模。

问题7.3

9.35 **《第三次评估报告》所提到的研究推荐了一些切实的降低减缓成本的技术和其他机会。如果它们能成为限制或减少温室气体净排放的一系列政策措施，国家对气候变化的响应将更为有效。**稳定的成本受到发展途径的强烈影响，那些温室气体排放实质增加的发展途径需要更多的减排以达到稳定目标，因此成本更高。通过一系列政策措施（包括那些有助于解决障碍的措施），可以实质减少减排成本，甚至成为净效益。在下列领域中，通过一系列政策可以争取“无悔”机遇：

问题7.6-7, 7.14-15, 7.20, & 7.23, & 7 框 7-1

- 技术对策。技术选择可以在2010年实现全球减排1.9-2.6Gt碳当量/年，2020年为3.6-5.0 Gt碳当量/年。其中大约一半的减排可以通过某一项经济成本（净资本成本、营运成本和维护成本）来实现，其直接效益大于直接成本；另外一半的减排成本可以低于100美元/吨碳当量[26]。根据排放情景，全球排放可以在2010年至2020年这个时间框架内下降到2000年的水平。**主要的不确定性**在于对接受采用新兴减排技术的阻碍因素的辨别、其范围和本质，以及克服这些障碍的成本。

- 附加效益。根据一些因素（如温室气体排放的地点、当地主要气候，以及人口密度、构成和健康）减缓附加效益的大小可以和减缓政策和措施的成本相比较。**主要的不确定性**是在对健康风险和空气污染，特别是细微气溶胶和颗粒物的科学评估中效益的大小和分布。

- 双重红利。一些减缓措施，如碳税或排放权拍卖等，为政府提供收入。如果用以减少现有扭曲或不平等的税制（“收入再生”），这些收入将减少实现温室气体减少的经济成本。这种抵销的定量将视现有的税制结构、减税类别、劳动力市场的状况和再生利用的方法而定。在某些情况下，它所带来的经济效益将超过减缓成本。**主要的不确定性**在于减缓的

[25] 这里引用的特定浓度水平并不意指一致同意的稳定水平。

[26] 这些估计的成本为1998年价，贴现率采用5%到12%，与公共部门的贴现率一致。私人部门的内部收益率变化很大，而且常常明显很高。

总净成本在各地区之间有所不同，取决于现有税制中扭曲的程度和可接受的减税的类型。

9.36 **模型研究结果表明，排放贸易将减小参加贸易国的减排成本。**全球模型研究(其结果十分依赖于假设)预测实现《京都议定书》目标的减排成本有可能通过附件B国家[27]充分实行碳许可贸易得到降低。附件一 OECD[28]国家的总体成本有可能通过碳许可贸易降低一半。附件一经济转型国家不会受到影响，或者GDP会上升几个百分点。对于非附件一石油输出国，在这种贸易下减排成本也有类似的减少。其他非附件一国家这种贸易总体效果有可能是正的。这些国家在没有附件一国家贸易时有可能受损或受益，而在附件一国家贸易时所受影响比较小。主要不确定性是基本成本的范围，它在不同国家之间变化很大，以及成本估计在以下方面如何出现变化（1）何时改善方法（2）何时模型的一些假定的约束能够放松等。下面给出与这些假定有关的因素：

允许去掉排放许可贸易，而与其他政策和措施保持一致。

- 考虑各种市场失效
- 允许引发的技术变化
- 包含附加效益
- 双重红利的机会
- 非CO_2温室气体和所有温室气体非能源排放源的政策
- 汇的抵消

问题7.18-19

9.37 **虽然一些模型结果表明在实现浓度稳定时的减缓行动不会对长期全球GDP的增长有显著影响，这些结果并没有表明短期内部门或地区会发生更大的变化。**

问题7.25

9.38 **具有突然短期效果的非预期公共政策（“快速修复”）可能要比预期具有逐渐效果的政策的经济成本高得多。**成本的定量上一个主要不确定性在于出现政策改变时（如作为公众对气候变化认知突然改变的结果）有一个设计良好的对付意外的计划。其他对于成本的主要不确定性在于快速短期效果的可能性，包括，或导致，碳工艺和产品成本的突然下降，转向低排放技术，以及/或变为更可持续生活方式。

问题7.24 & 7.31

9.39 **近期的减排和适应行动将减少风险。**由于气候系统（如大气中CO_2寿命为100年）和人类的反应中存在长期滞后性，减排和适应的近期行动将减少风险，气候、生态和社会-经济系统之间相互作用的惯性是适应和减缓行动为什么有益的主要原因。

问题5.19 & 5.24

9.40 **适应可以一种经济有效的方式对减缓措施进行补充，以减少气候变化的风险，同时还有利于可持续发展目标的实现。**一些强调可持续发展的社会、经济和环

问题1.9 & 8.21-28

[27] 附件B国家：一组在《京都议定书》附件B中所列国家，同意对其温室气体排放设置目标，包括除土耳其、白俄罗斯外所有的附件1国家（1998年修正）。

[28] 附件1国家。一组在UNFCCC附件1中所列国家，包括所有OECD发达国家和经济转型国家。

境因素的未来发展途径产生的排放与其他途径相比较低，因此达到某一特定目标稳定目标所要求的额外的政策和相关的成本也较低。一个主要的不确定性是缺乏气候变化和其他环境问题之间相互作用的知识。一个相关的问题是与气候变化相关的全球主要公约和议定书的进程，如这些包括世界贸易、跨边界污染、生物多样性等综合到一起进行变革的进程。各个国家将可持续发展概念与决策过程结合起来的速度也不确定。

问题5.22, 7.25, & 8.26

9.41 **实现可持续发展目标的发展途径可以导致低温室气体排放。**未来发展途径和未来气候的关键选择在发达国家和发展中国家现在正在进行。已经有信息可用来帮助政策制定者在一系列成本效益对策选择和可持续发展途径中评价成本和效益。有计划的适应要比被动适应的成本低得多。气候变化稳定可以减缓和推迟其影响，降低损失，给予植物、动物和人类更多时间来适应。

WGI TAR SPM, WGII TAR SPM, & WGIII TAR SPM

9.42 **在《第三次评估报告》（TAR）已经在认识气候变化、人类对其反应等方面所需要的许多知识都取得了明显进步。**但是，还存在一些重要的差距，需要进一步的工作，特别是在以下几个方面：

- 气候变化的检测和特性
- 对区域气候变化和气候极端情况的了解和预测
- 全球、区域和当地气候变化影响导致的破坏的量化
- 减缓和适应性活动分析
- 将气候变化问题的所有方面纳入可持续发展战略
- 开展综合和全面研究以提高判断什么是“对气候系统危险的人为干扰”的能力。

气候变化 2001：
综合报告

工作组摘要

各个工作组的决策者摘要和技术摘要

第一工作组：科学基础

第二工作组：影响、适应性和脆弱性

第三工作组：减缓

气候变化 2001：
科学基础

第一工作组摘要

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第一工作组报告

第一工作组报告技术摘要

此报告已为IPCC 第一工作组接受，但未经详细批准。

第一工作组对政府间气候变化专业委员会第三次评估报告的部分贡献

目录

决策者摘要 151

信息来源：决策者摘要 164

技术摘要 167

A. 引言 168
A.1 IPCC及其工作组 168
A.2 第一工作组的第一次、第二次评估报告 168
A.3 第三次评估报告：本技术摘要 169

B. 气候系统里观测到的变化 171
B.1 观测到的温度变化 171
B.2 观测到的降水和大气湿度变化 174
B.3 观测到的雪盖和陆－海冰范围变化 175
B.4 观测到的海平面变化 175
B.5 观测到的大气和海洋环流结构的变化 175
B.6 观测到的气候变率和极端天气、气候事件变化 176
B.7 整体图象：一个变暖的世界和气候系统的其它变化 177

C. 引起气候变化的强迫因子 179
C.1 观测到的全球均匀混合的温室气体浓度及其辐射强迫变化 180
C.2 其它重要辐射强迫气体变化的观测 185
C.3 气溶胶变化的观测和模拟 186
C.4 观测到的其它人为强迫因子变化 187
C.5 太阳活动和火山活动变化的观测和模拟 187
C.6 全球增温潜能 188

D. 气候系统及其变化的模拟 188
D.1 气候过程与反馈 188
D.2 耦合系统 193
D.3 区域化技术 194
D.4 能力的总体评价 195

E. 人类对气候变化影响的辨认 196
E.1 检测和归因的含义 196
E.2 一个更长时间的，经过更仔细核查的观测记录 196
E.3 内部变率新的模式估计 197
E.4 对自然强迫响应的新的估计 197
E.5 估计气候变化信号的敏感性 197
E.6 广泛分布的检测技术 199
E.7 在检测和归因中尚存的不确定性 199
E.8 概要 201

F. 地球未来气候预测 201
F.1 IPCC 排放情景特别报告（SPES） 201
F.2 温室气体和气溶胶未来变化的预测 202
F.3 未来温度变化的预测 205
F.4 未来降水变化的预测 206
F.5 极端事件未来变化的预测 208
F.6 温盐环流未来变化的预测 209
F.7 自然变率模态的未来变化预测 210
F.8 陆冰（冰川、冰盖和大冰原）、海冰和雪盖的未来变化预测 211
F.9 海平面的未来变化预测 211
F.10 对CO_2浓度稳定廓线响应的未来变化预测 213

G. 不断提高的认识 214
G.1 资料 215
G.2 气候过程和模拟 215
G.3 人类影响方面 215
G.4 国际框架 215
信息来源：技术摘要 216

气候变化 2001:

科学基础

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第一工作组报告

根据下列作者提供的草稿:

Daniel L. Albritton, Myles R. Allen, Alfons P. M. Baede, John A. Church, Ulrich Cubasch, Dai Xiaosu, Ding Yihui, Dieter H. Ehhalt, Christopher K. Folland, Filippo Giorgi, Jonathan M. Gregory, David J. Griggs, Jim M. Haywood, Bruce Hewitson, John T. Houghton, Joanna I. House, Michael Hulme, Ivar Isaksen, Victor J. Jaramillo, Achuthan Jayaraman, Catherine A. Johnson, Fortunat Joos, Sylvie Joussaume, Thomas Karl, David J. Karoly, Haroon S. Kheshgi, Corrine Le Quere, Kathy Maskell, Luis J. Mata, Bryant J. McAvaney, Mack McFarland, Linda O. Mearns, Gerald A. Meehl, L. Gylvan Meira-Filho, Valentin P. Meleshko, John F. B. Mitchell, Berrien Moore, Richard K. Mugara, Maria Noguer, Buruhani S. Nyenzi, Michael Oppenheimer, Joyce E. Penner, Steven Pollonais, Michael Prather, I. Colin Prentice, Venkatchala Ramaswamy, Armando Ramirez-Rojas, Sarah C. B. Raper, M. Jim Salinger, Robert J. Scholes, Susan Solomon, Thomas F. Stocker, John M. R. Stone, Ronald J. Stouffer, Kevin E. Trenberth, Ming-Xing Wang, Robert T. Watson, Kok S. Yap, John Zillman

同时还有很多作者和评审者也作出了贡献。

引言

政府间气候变化专业委员会(IPCC)第一工作组第三次评估报告以先前的报告为基础,并吸收了过去5年中气候变化研究的新成果[1]。来自许多国家的数百名科学家[2]参与了报告的编写和评审。

本决策者摘要于2001年1月在上海[3]由IPCC成员国家政府批准。摘要介绍了目前对气候系统的认识水平,并提出了对其未来演变及其不确定性的估算。详细信息可以从基础报告中找到,同时附录中的信息来源提供了对报告各章节的交叉参考。

日益增加的观测结果给出了一个变暖的世界和气候系统的其他变化的整体图景

自从第二次评估报告(SAP[4])发表以来,新的现代和古气候研究资料、改进的资料分析、更严格的资料质量检验以及对不同来源资料的比较等,均导致了对气候变化更好的理解。

20世纪全球地面平均气温升高约0.6℃

- 自1861年以来,全球地面平均气温(陆地和海面近表层气温的平均值)已经增加。20世纪期间增加了0.6±0.2℃[5][6](图1a)。该数字约比SAP在1994年的值大0.15℃,这是因为在新增的年份内(1995年至2000年)温度相对较高和改进的资料处理方法。这些数字考虑了各种订正,如城市热岛影响等。该记录包含着较大的变率,如20世纪大部分的增温发生在两个时段,即1910年至1945年及1976年到2000年。
- 从全球来看,20世纪90年代很可能[7]是1861年以来仪器记录中最暖的10年,1998年很可能是同期最暖的一年(图1a)。
- 新的北半球代用资料分析说明,20世纪的增温可能[7]是过去的1000年中所有世纪中最明显的,20世纪90年代可能[7]是最暖的10年,而1998年是最暖的年份(图1b)。由于资料偏少,1000年以前的年平均温度所知甚少,1861年以前的南半球情况也不很清楚。
- 平均而言,在1950年和1993年之间,陆面夜间的日平均最低温度每10年增加0.2℃,是白天日平均最高温度增加速率的2倍(每十年大约是0.1℃)。这样就延长了中高纬地区的无霜期。同期海面温度的增加约为陆面平均气温增加值的一半。

过去40年大气层8千米以下部分已经升温

- 自50年代以来(足够的气球探空时期),8千米以下低层大气的总的全球升温和近地层的类似,都在每10年0.1℃量级上。
- 自1979年有卫星观测记录以来,卫星观测和气球探空都说明,8千米以下低层大气的全球平均温度每10年约增加0.05±0.10℃,但全球地面平均气温每10年已经显著地增加了0.15±0.05℃。这个增暖速率的差别在统计上是有意义的,它主要发生在热带和亚热带地区。
- 最低层8千米大气和地面由于平流层臭氧减少、大气气溶胶和厄尔尼诺现象等因素,受到的影响不一样。因此,在短时期内(如20年)存在温度趋势差异在物理上容易理解。此外,空间采样技术也可以解释一部分趋势差异,但这些差异现在没有被完全解释。

[1] 在IPCC,气候变化指无论由自然变率或人类活动引起的气候随时间的任何变化。该术语与气候变化框架公约不同,在该公约中气候变化指由人类活动直接或间接引起的气候变化,该变化会改变全球大气成分,它不包括在响应的时段内观测到的自然气候变率。

[2] 共有122位主要作者召集人和主要作者,515位撰稿作者,21位编审,420位评审专家。

[3] 99个IPCC成员国代表团参加了2001年1月17-20日在上海举行的第一工作组第8届会议。

[4] 在这份决策者摘要中,SAP代表《IPCC第二次评估报告》。

[5] 一般而言,温度趋势精确到每单位时间0.05 ℃,所用时期常常受资料限制。

[6] 一般使用5% 的统计意义和95% 的信度水平。

[7] 在本决策者摘要和技术摘要中采用下述术语表示判断的可信度:基本肯定(判断结果几率大于99%);很可能(90-99%几率);可能(66-90%几率);中度可能(33-66%);不可能(10-33%);很不可能(1-10%);非常不可能(小于1%的几率),详情参阅各章节。

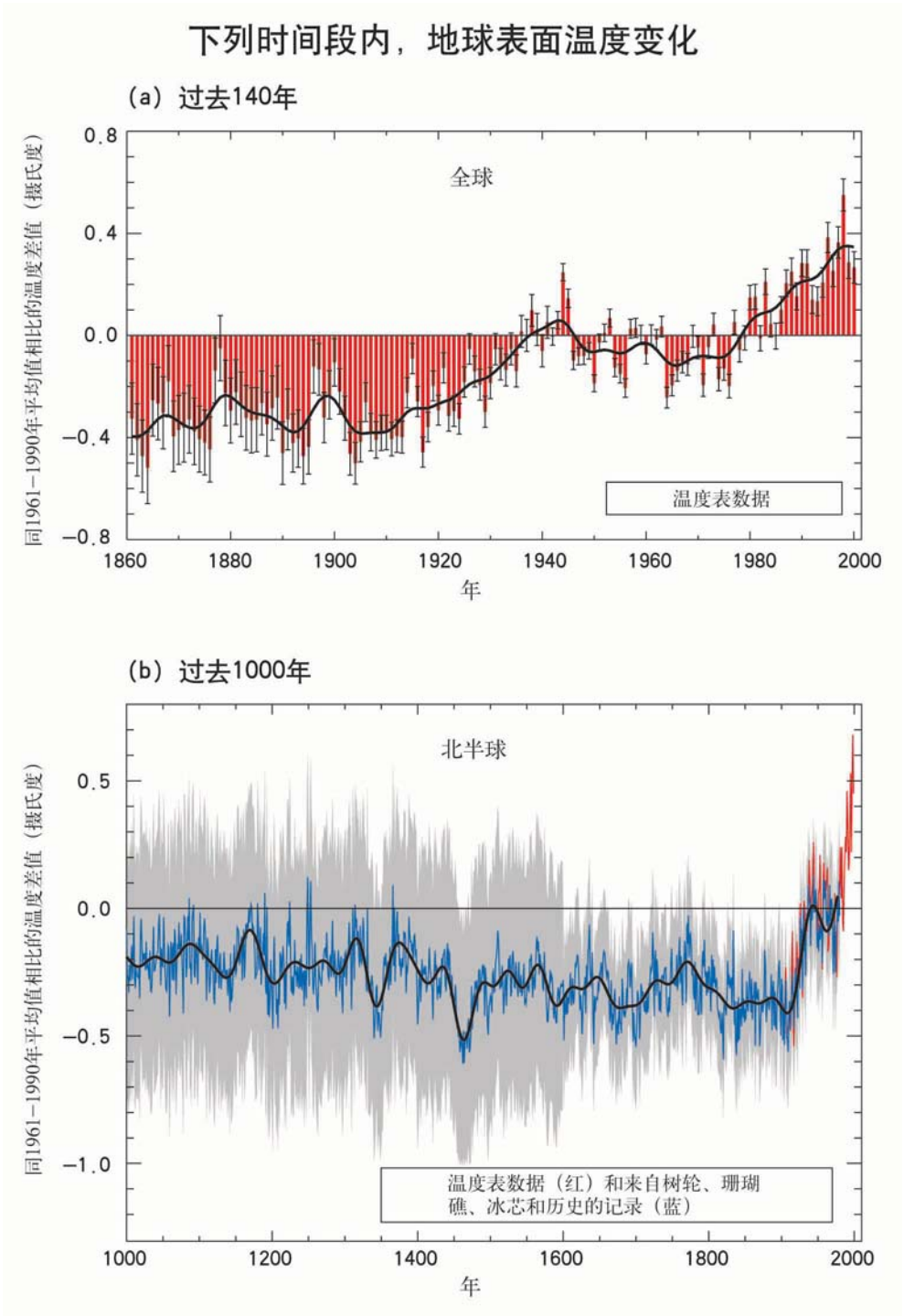


图1：过去140年和1000年地球表面气温的变化。(a)给出地球表面温度逐年变化（红柱）和近似逐年代变化（黑线，经近年代际时间尺度抑制脉动的过滤年度曲线）。每年资料存在一些不确定性（细工字黑线代表95%信度区间），主要源于数据差距、随机的仪器误差、海面温度数据误差校正过程中的不确定性以及陆地城市化调整误差订正过程中的不确定性等。在过去的140年和100年中，全球表面平均温度增加的最好估计为0.6 ± 0.2℃。(b) 此外，根据代用资料已建起在过去1000年间北半球平均表面温度的逐年变化（蓝线）和50年平均变化（黑线），这些代用资料按温度表数据进行标定（见图中主要代用资料清单）。灰色区域代表每年资料的95%信度区间。由于使用相对分散的代用资料，较为遥远的年代里这些不确定性将增加，而且通常比器测记录大很多。然而，20世纪变暖的速率和时间与过去1000年的其他9个世纪相比要大得多。同样，20世纪90年代可能是过去千年中最热的十年，1998年可能是最热的一年。[根据（a）第二章，图2.7c和（b）第二章，图2.20]

雪盖和结冰范围已经减少

- 卫星资料表明，自60年代末以来，雪盖面积很可能[7]减少了约10%。地面观测表明，在20世纪北半球中高纬地区河湖每年的结冰期很可能[7]减少了约2个星期。
- 在20世纪，非极地区的山地冰川广泛消退。
- 自50年代以来，北半球春夏海冰面积减少约10–15%。在最近几十年，北极夏末至秋初的海冰厚度可能[7]减少了约40%，期间冬季海冰厚度减少较慢。

全球平均海平面升高，海洋热容量增加

- 根据潮汐站资料，20世纪全球平均海平面升高0.1至0.2米。
- 自50年代以来，全球海洋热容量增加。在这期间对海洋次表层温度有较充分的观测。

气候的其他重要方面也发生了变化

- 20世纪北半球大陆大部分中高纬地区降水每10年很可能[7]增加了0.5–1.0%。热带陆地地区（10iN到10iS）降水每10年可能[7]增加了0.2–0.3%，过去几十年热带的增加不很显著。20世纪北半球大部分亚热带陆地地区（10iN到30iN）的降水可能[7]已减少，数值在每10年约0.3%。对比之下，未发现南半球各纬度带出现可比较的降水系统性变化。由于缺乏资料，无法建立海洋地区的降水趋势。
- 20世纪后期，北半球中高纬地区强降水事件频率可能[7]已增加2–4%。强降水事件频率的增加可以起源于若干原因，例如大气中水汽、雷暴和大规模风暴活动的变化。
- 20世纪期间中高纬度陆地地区云量可能[7]已增加2%。在大部分地区，这个趋势同观测到的温度日较差减小密切相关。
- 自1950年以来，极端最低气温出现的频率很可能[7]已减小，而极端最高气温出现的频率略有增加。
- 和前100年相比，70年代中期以来厄尔尼诺／南方涛动（ENSO）暖事件（它每次都会影响大部分热带、副热带和部分中纬度地区的区域降水和温度变率）的发生变得更经常、持续时间更长、强度更大。
- 在20世纪（1900–1995年），经历严重干旱或严重洪涝的全球陆地面积略微增多。在许多地区，这些变化是由年代际和多年代气候变率引起的，如ENSO向更暖事件的转化。
- 在一些地区，如亚洲和非洲的部分地区，近几十年干旱的频率和强度已经增加。

气候的一些重要方面似乎未变

- 近几十年全球有几个区域没有变暖，这主要是在南半球海洋上的部分区域和南极大陆部分地区。
- 1978年以来，即有可靠的卫星观测以来，未见明显的南极海冰范围变化趋势。
- 从全球来看，热带和温带风暴强度和频率的变化由年代际和多年代际变率所控制，20世纪内未见明显的长期趋势。这方面的分析结论相互矛盾，无法得出风暴活动变化的明确结论，特别是在温带地区。
- 在所分析的有限区域，没有发现龙卷风出现频率、雷暴日数或冰雹事件有任何显著的系统变化。

人类活动造成的温室气体和气溶胶排放继续以预期影响气候的方式改变着大气

气候系统内部变率和外部因子（自然的和人为的）都会引发气候变化。采用辐射强迫概念[8]可以对影响气候的外部因子进行广泛的比较。正辐射强迫（如由不断增加的温室气体浓度造成的）会使地表变暖。由某些气溶胶（微小的大气粒子）增加引起的负辐射强迫会使地表变冷。诸如太阳输出或火山爆发活动的变化等自然因子也会产生辐射强迫。要了解以往自然变率意义上的气候变化及预测未来的气候变化，需要描述以上气候强迫因子的特征和它们随时间的变化（图2）。图3为目前对大气成分浓度的增加及其它机制造成辐射强迫的计算。

由于人类活动，大气温室气体浓度及其辐射强迫继续增加

[8] 辐射强迫是对改变地球大气系统入射和出射能量平衡的因子的测量指标，并且是表征潜在气候变化机制的因子的重要性的指数。用每平方米多少瓦表示（Wm^{-2}）。

- 自1750年以来，大气二氧化碳（CO_2）浓度增加了31%。在过去的42万年间，并且可能在过去的两千万年间，从未出现过今天的CO_2浓度水平。至少在过去的2万年间从未出现过目前这样的增长速率。
- 在过去的20年，排放到大气的CO_2四分之三是由化石燃料燃烧造成的。其他则主要由土地利用变化尤其是森林砍伐造成的。
- 目前人类活动排放的CO_2的一半左右为海洋和陆地所吸收。在陆地上，20世纪90年代对人为CO_2的吸收很可能超过了由于砍伐森林造成的释放。

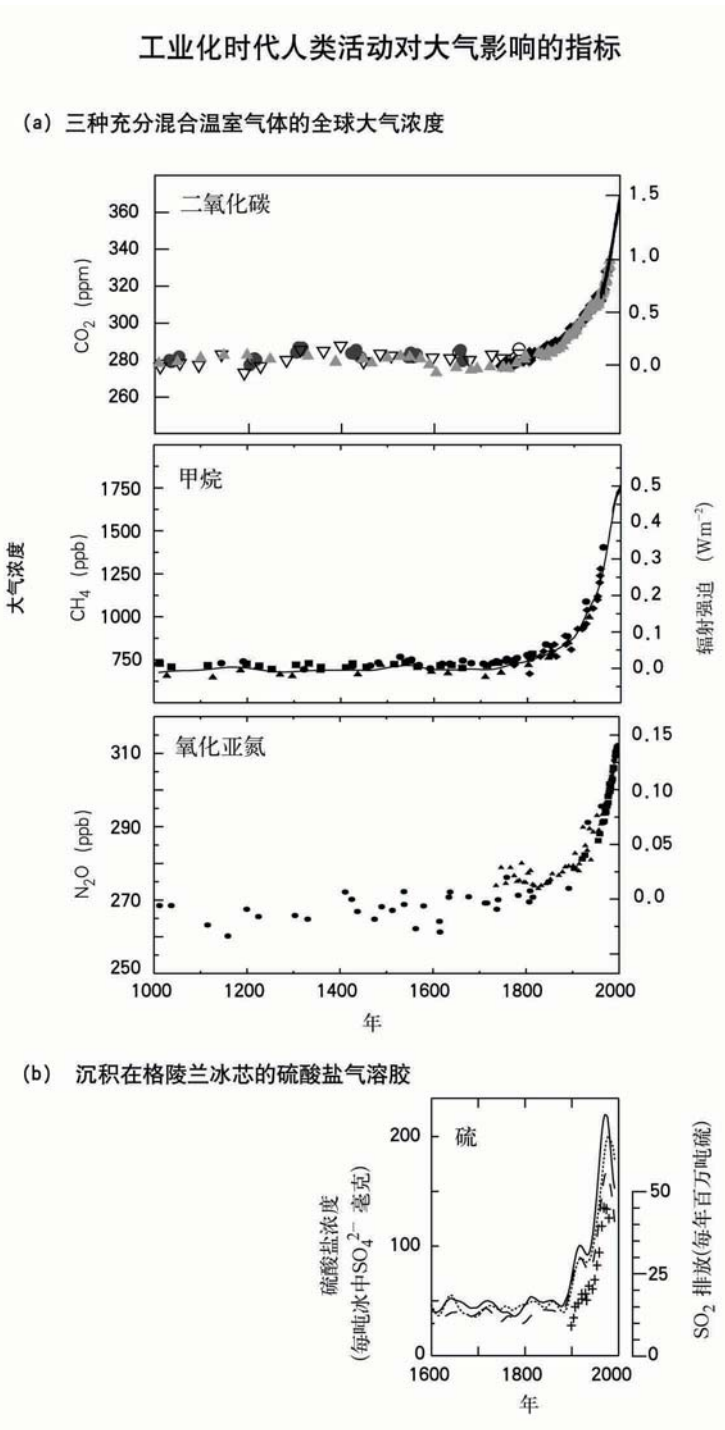


图2: 大气组成过去变化的长期记录提供了人为排放影响的见证背景。(a) 表明大气中二氧化碳（CO_2）、甲烷（CH_4）和氧化亚氮（N_2O）在过去1000年的变化。来自南极和格陵兰几个地点的冰芯和粒雪资料（由不同的符号表示）因过去几十年大气直接采样样品资料（CO_2曲线所示，同时为代表全球平均甲烷曲线所并入）得到补充。这些气体对气候系统所估计的正辐射强迫在右边坐标给出。由于这些气体在大气中都有十年或更长的生命期，而且混合得很好，其浓度将可以反映全球源的排放。三个记录均表明，在工业化时代人类排放的巨大和不断增长的影响。

(b) 说明工业排放对大气硫酸盐气溶胶的影响，它产生负的辐射强迫。这里给出的是格陵兰冰芯中的硫酸盐浓度时间演变（图中曲线所示，偶发的火山影响已被剔除），不是大气中的浓度的时间演变。这类资料表明了硫酸盐气溶胶在当地的沉降情况，反映了北半球中纬度地区的二氧化硫（SO_2）排放。尽管是比全球混合较好的温室气体更有区域性的，但这个记录还是显示出工业化时代人类二氧化硫排放的显著增长。加号表示所估计的相关区域SO_2排放量（右边坐标）。[根据 (a) 第三章，图3.2b (CO_2)；第四章，图4.1a和b (CH_4) 及第四章，图4.2 (N_2O)；(b) 第五章，图5.4a]

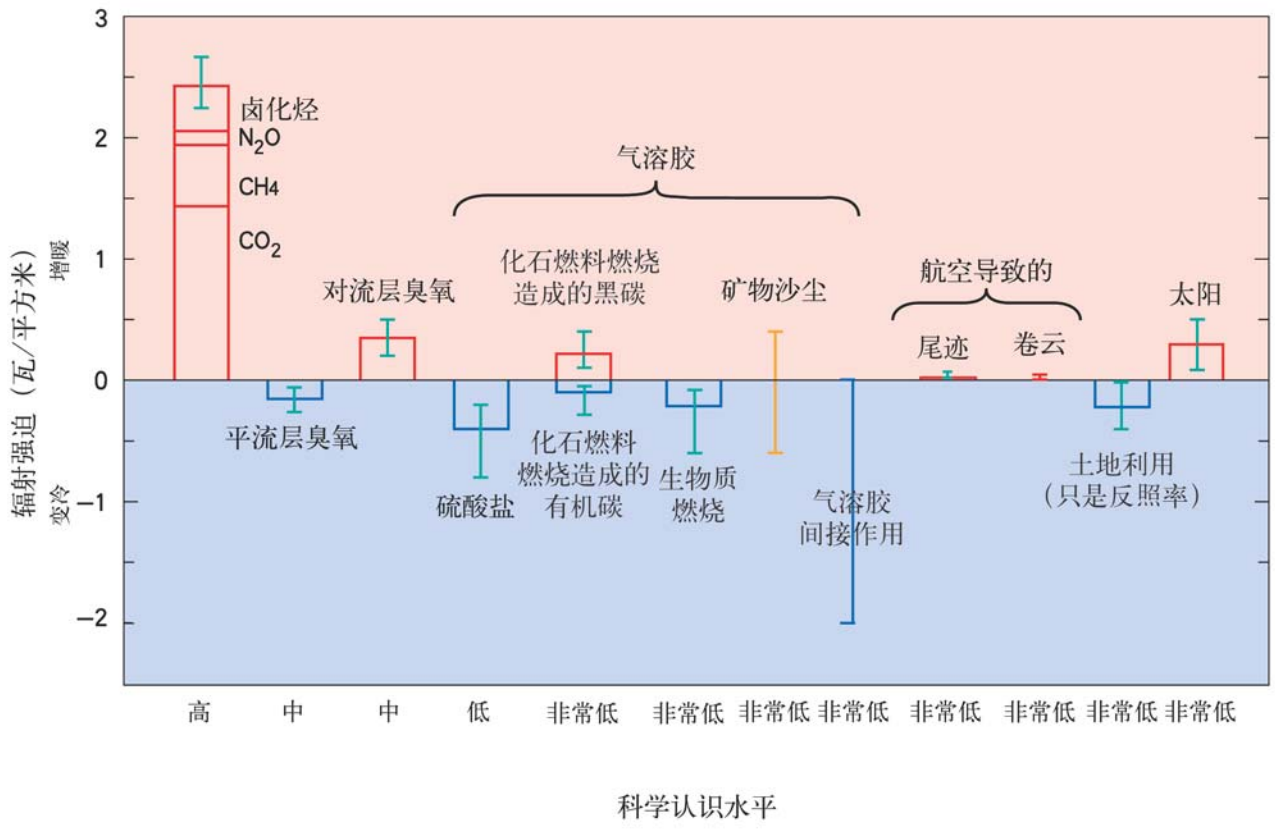


图3：许多外部因子影响气候变化。这些辐射强迫来自大气成分的变化，土地使用造成的地表面反射率的变化和太阳输出的变化。除太阳变化以外，其余均与某种人类活动有关。矩形代表这些强迫的贡献率，有些会产生增温，有些会降温。火山爆发产生的强迫是负强迫，只会持续几年，此处未列入。给出的气溶胶的非直接影响是它们对云滴大小和数量的影响。气溶胶对云的第二个非直接影响，即对云的生命期的影响，这也产生负强迫，这里未给出。航空对温室气体的影响已包括在每一矩形。矩形上的线表示估计的范围，这是根据已出版的强迫值和物理理解水平得到的。一些强迫比其它的确定性高得多。不带矩形的竖线表示由于不确定性较大无法给出最佳估计的强迫。对每一强迫的总体科学理解程度如所注释差别甚大。有些辐射强迫的因子，破坏全球热平衡，在全球充分混合，如CO_2。其他的则是由于空间分布的原因有很强区域特点的扰动，如气溶胶。由于这样或那样的的原因，将正负值简单相加无法得出对气候系统的净影响。本评估报告的模拟（如图5）显示，这些扰动的净影响使全球气候自1750年以来变暖。[根据第六章，图6.6]

- 过去二十年间，大气二氧化碳浓度的年增长率一直保持在约1.5 ppm[9]（0.4%）左右。在90年代，其年增长率呈现不同，变化于0.9 ppm（0.2%）和2.8 ppm（0.8%）之间。这种变化在很大程度上是由于陆地与海洋对二氧化碳的吸收与释放受到了气候变率（如厄尔尼诺事件）的影响。
- 自1750年以来，大气中甲烷（CH_4）浓度已经增加了1060 ppb[9]（151%），而且目前仍保持增长趋势。现在的甲烷浓度是过去42万年中所没有的。与20世纪80年代比较，20世纪90年代甲烷浓度的年增

[9] ppm（百万分之一）或ppb（十亿分之一）是干空气中温室气体分子数与全部分子数之比。例如，300 ppm是指每一百万个干空气分子中有300个温室气体分子。

长速度放慢且更多变。目前比一半略多的甲烷排放是人为的（例如化石燃料使用、牛、水稻种植和废弃物填埋等）。另外，一氧化碳（CO）排放最近被辨认为甲烷浓度增加的一个原因。

- 自1750年以来，大气中一氧化二氮（N_2O）的浓度增加了46 ppb（17%），并继续增加。现在的浓度至少在过去1000年里是没有的。目前排放大约三分之一是人为的（如农业土壤、养牛基地、化学工业等）
- 1995年以来，许多卤化烃气体（如$CFCl_3$和CF_2Cl_2）既破坏臭氧，也是温室气体，其大气浓度或增长速度放慢或减少，这都是由于在蒙特利尔议定书及其修正案的约束之下排放有所减少的结果。它们的替代化合物（如CHF_2Cl和CF_3CH_2F）和一些其它的人造化合物（如全碳氟化合物（PFC）和六氟化物（SF_6））也是温室气体，其大气浓度正在增长。
- 1750–2000年期间因混合均匀的温室气体增加而产生的辐射强迫估计约为2.43 Wm^{-2}。其中，CO_2为1.46Wm^{-2}，CH_4为0.48 Wm^{-2}，卤化烃为0.34Wm^{-2}，N_2O为 0.15 Wm^{-2}（见图3，此处也给出不确定性）。
- 从1979年到2000年观测到的平流层臭氧减少引起了负辐射强迫（−0.15Wm^{-2}）。假设现有的规定能得到完全遵守与实施，在21世纪卤化烃的正辐射强迫可望减少，同时随着臭氧层恢复平流层臭氧减少引起的负辐射强迫幅度也将减少。
- 对流层臭氧含量估计自1750年以来增长了36%，这主要是由于几种形成臭氧的气体的人为排放引起的。这个增长相应于0.35Wm^{-2}的正辐射强迫。臭氧强迫依地区不同而呈现较大差别。与寿命期长的温室气体如CO_2相比，臭氧强迫能更快地对排放变化做出反应。

人为产生的气溶胶寿命很短并且大部分产生负辐射强迫

- 人为气溶胶的主要来源是化石燃料和生物质燃烧。这些排放源也和空气质量退化及酸沉降有关。
- 自从SAP发表以来，在更好地确定不同类型气溶胶的直接辐射作用方面取得了显著进展。据估计，硫化物气溶胶的直接辐射强迫是−0.4Wm^{-2}，生物燃烧气溶胶的是−0.2Wm^{-2}，化石燃料有机碳的是−0.1Wm^{-2}，化石燃料黑碳气溶胶的是+0.2Wm^{-2}。对于总体气溶胶效应及其随时间变化情况进行量化的能力与对上述气体的量化相比，可信度要低得多。气溶胶也因地区不同而呈现较大差异，并对排放变化迅速作出反应。
- 除了直接辐射强迫外，气溶胶通过对云的影响具有间接辐射强迫。尽管有很大的不确定性，目前对这个间接影响，即负辐射强迫，已有更多的证据。

在过去的世纪中自然因子对辐射强迫起了少量作用。

- 自1750年以来，由于太阳辐射变化而引起的辐射强迫估计大约为+0.3 Wm^{-2}，其中大部分出现在20世纪的上半叶。自从20世纪70年代末以来，卫星仪器观测到由于11年太阳周期引起的小幅波动。已提出关于太阳影响气候的增幅机制，但现在还缺乏坚实的理论和观测基础。
- 大规模火山爆发产生的平流层气溶胶会引起可持续数年的负辐射强迫。几次重要火山爆发出现在1880–1920年和1960–1991年两段时期内。
- 在过去的20年可能是40年内，两种主要自然因素（太阳变化和火山气溶胶）辐射强迫的净效应估计为负值。

模式预测未来气候能力方面的信度已增强。

要对反馈和区域特征提供详细估计，就需要有基于物理的复杂气候模式。这类模式还不能模拟出气候的所有方面（例如它们还无法完全解释所观测到的1979年以来地表和对流层之间温度差趋势），同时还有一些与云及其同辐射和气溶胶相互作用有关的特定不确定性。然而，由于在一系列时空尺度上已证实的良好表现，这些模式提供未来有用预测信息能力方面的信度已经得到改进。

- 对于气候过程的理解及其在气候模式中的表达得到了改进，这包括水汽、海冰动力学和海洋热量传输。
- 一些最近建立的模式，不需要如早期模式那样对海－气界面的热通量和水汽通量进行非物理调整，就能对当前气候产生满意的模拟结果。
- 包括自然和人为强迫估计的模拟再现出所观测到20世纪大范围地表温度变化（图4）。然而，这些模式可能还没有包括一些其他过程和强迫的作用。但是，模式和观测之间广泛的一致性可以用来对某一假定排放情景下今后几十年所预测的增暖率进行独立检验。
- 模式对于ENSO、季风和北大西洋涛动以及过去气候所选择的时期的模拟在某些方面得到了改进。

有新的和更强的证据表明，过去 50 年观测到的增暖的大部分可归结于人类活动

SAP 得出结论："有证据表明人类对全球气候产生了可以分辨得出的影响"。那次报告也注意到，人为信号还正处于从自然气候变率的背景中浮现的过程中。自从SAP 以来，在减少不确定性，特别是在辨别和量化对不同外部强迫响应程度方面，已经取得了进步。尽管SAP所确认的许多不确定性来源在某种程度上依旧存在，新的证据和改进的理解支持一个更新的结论。

- 现在有了更长时间、经过仔细检验的温度记录以及新的有关气候变率的模式估算。正如现在模式所估计的那样，过去100年的增暖仅由内部变率引起是很不可能[7]的。过去1000年的气候资料重建（图1b）也表明，这个增暖是反常的，不可能完全起源于自然变化。
- 关于气候对自然和人为强迫的响应，现在有了新的估算，同时新的检测技术也得到了应用。检测和原因判别研究均发现了近35−50年气候记录中的人为影响信号。
- 模拟气候只对自然强迫的响应（如对太阳辐射变率和火山喷发的响应）无法解释20世纪后半叶的升温（见图4a）。但是，它们表明，自然强迫因子在所观测的20世纪前半叶增暖中起到作用。
- 尽管在人为硫酸盐气溶胶和自然强迫因子（火山和太阳辐射）方面还存在不确定性，近50年来因人为温室气体影响的增暖可以得到辨认。在这段时间，虽然有不确定性，硫酸盐气溶胶强迫作用是负的，因而不能解释增暖。在这个时期的大部分时间里，自然强迫变化基本上也估计是负的，同样不可能[7]解释增温。
- 用观测记录比较模式模拟变化的检测和原因判别研究，现在可以考虑对外部强迫的模拟响应程度方面的不确定性，特别是由于气候敏感性方面的不确定性。
- 这些研究多数发现，过去50年仅仅由于温室气体浓度增加造成的增暖速率和幅度同所观测到的增暖相当，或者更大。而且，多数考虑了温室气体和硫酸盐气溶胶的模式计算结果与同期观测一致。
- 当所有上述人为和自然强迫因子结合起来时，可以发现，过去140年模式模拟与观测之间的最佳吻合，如图4c所示。这些结果表明，被考虑的强迫对于解释所观测到的变化是充分的，但不排除其他强迫也发生作用的可能性。

根据新的证据，考虑到尚保留的不确定性，近50年所观测到的增暖的大部分可能[7]是由于人为温室气体浓度增加引起的。

此外，20世纪的增暖很可能[7]已经对所观测到的海平面上升起到了显著影响，这是通过海水热膨胀和陆地冰的大范围消退实现的。在目前的不确定性范围内，观测和模式都没有显示20世纪海平面上升的显著加速。

在整个 21 世纪人类影响将继续改变大气组成

根据由IPCC排放情景特别报告（SPES）得到的排放情景（图5），利用气候模式对大气温室气体和气溶胶浓度以及未来气候进行了预测。为更新IS92情景才构想出这些情景。IS92情景用于SAP，这里为了比较有时也给出IS92情景。

温室气体

- 在21世纪，对于大气 CO_2 浓度趋势来说，可以基本肯定[7]，化石燃料燃烧引起的 CO_2 排放还将起主要作用。
- 随着大气 CO_2 浓度增加，海洋和陆地吸收人为 CO_2 排放的比例将不断下降。如模式所示，因海洋和陆地吸收 CO_2 的减少，陆地和海洋气候反馈的净效应将进一步增加所预测的大气 CO_2 浓度。
- 对于说明性的SPES情景，碳循环模式预测到2100年大气 CO_2 浓度界于540和970 ppm之间（比1750年280 ppm浓度高出90到250%），见图5b。这些预测考虑了陆地和海洋气候反馈。不确定性，特别是有关陆地生物圈气候反馈的幅度，可造成每一情景下约−10%到+30%的变化。因而全部预测的浓度范围是490−1260 ppm（高于1750年浓度水平75−350%）。
- 改变土地利用会影响大气 CO_2 浓度。可以假设，即便迄今所有因土地利用变化而释放的碳在本世纪内均为陆地生物圈所吸收（例如通过再造林），大气 CO_2 浓度也只能减少40到70 ppm。

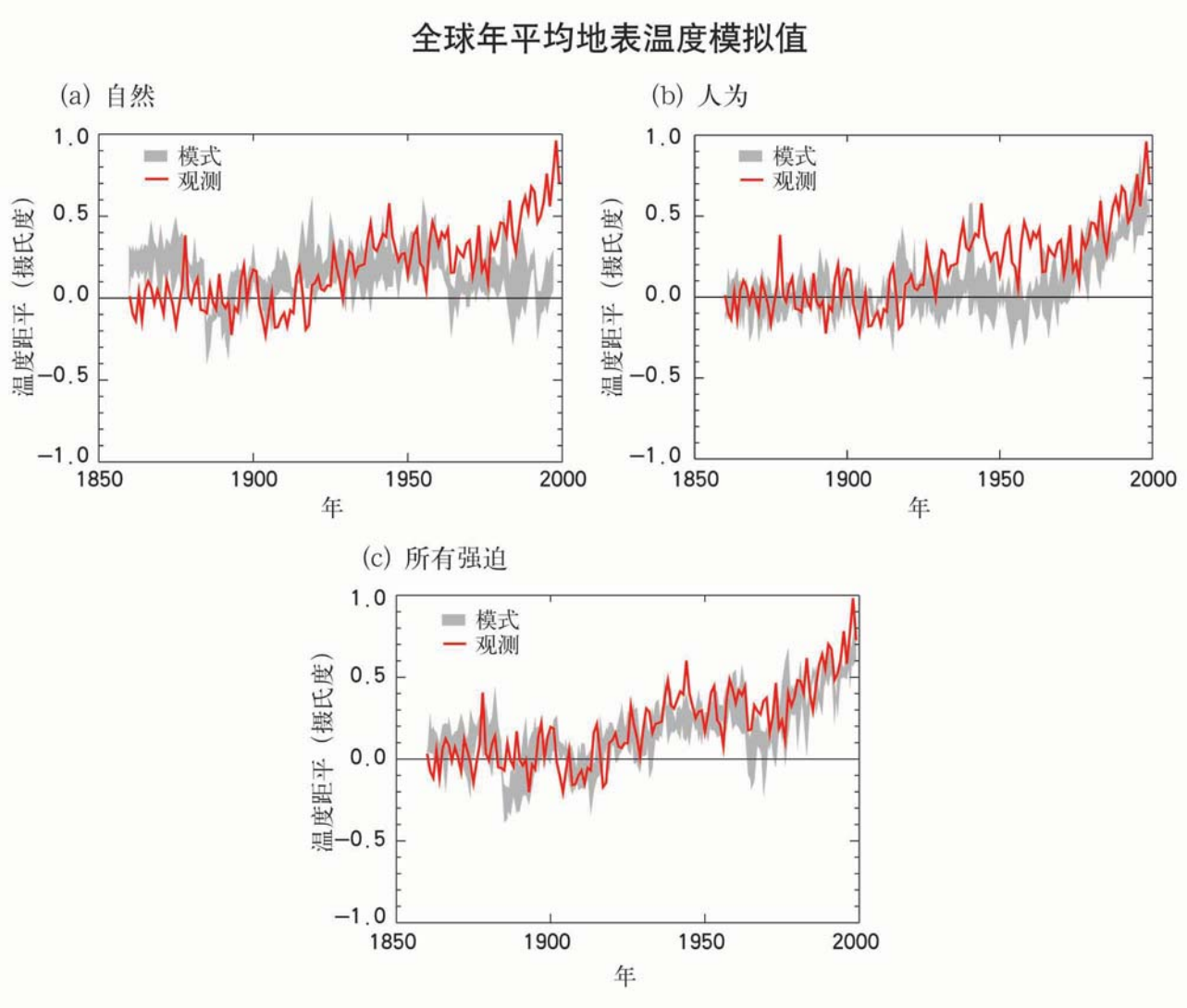


图 4：模拟地球的温度变化，并将结果与观测到的变化做比较，可以为了解重大变化的根本性原因提供线索。气候模式可以用来模拟由自然原因和人为原因引起的温度变化。图（a）中带状区间所代表的模拟结果是只用自然强迫即太阳辐射变化和火山活动得到的。图（b）中带状区间所代表的模拟结果是用人为强迫即温室气体和硫酸盐气溶胶得到的。图（c）中带状区间所代表的模拟结果是同时采用自然强迫和人为强迫得到的。由图（b）可见，包括人为强迫可以解释过去一个世纪所观测到的温度变化的相当大一部分，但模拟与观测间最好的拟合是在同时包括自然和人为因素后得到的（图（c））。这些结果表明所包括的强迫足以解释所观测到的变化，但并没有排除其它强迫可能贡献的可能性。这里模式结果的带状区间是通过4次运转同一个模式获得的。用其它模式模拟人为强迫的影响得到了与图（b）相似的结果。[根据第十二章，图 12.7]

- 在不同的说明性SRES情景下，模式得到的2100年非CO_2温室气体浓度结果相差特别多。其中CH_4为−190ppb到+1970ppb（目前浓度是1760ppb），N_2O为+38ppb到+144ppb（目前浓度是316ppb），对流层O_3总含量变化于−12%到+62%之间，HFC、PFC和SF_6浓度变化幅度更大，所有的数值都相对2000年。在某些情景下，对流层O_3总含量会成为和CH_4一样重要的辐射强迫因子，并将对北半球大部分地区空气质量达标产生影响。
- 为了稳定辐射强迫，减少温室气体排放，并减少控制这些温室气体浓度的气体是必要的。例如，对于最重要的人为温室气体，碳循环模式表明，要将大气CO_2浓度稳定在450、650或1000 ppm，将要求全球人为排放分别在几十年、大约一个世纪和大约两

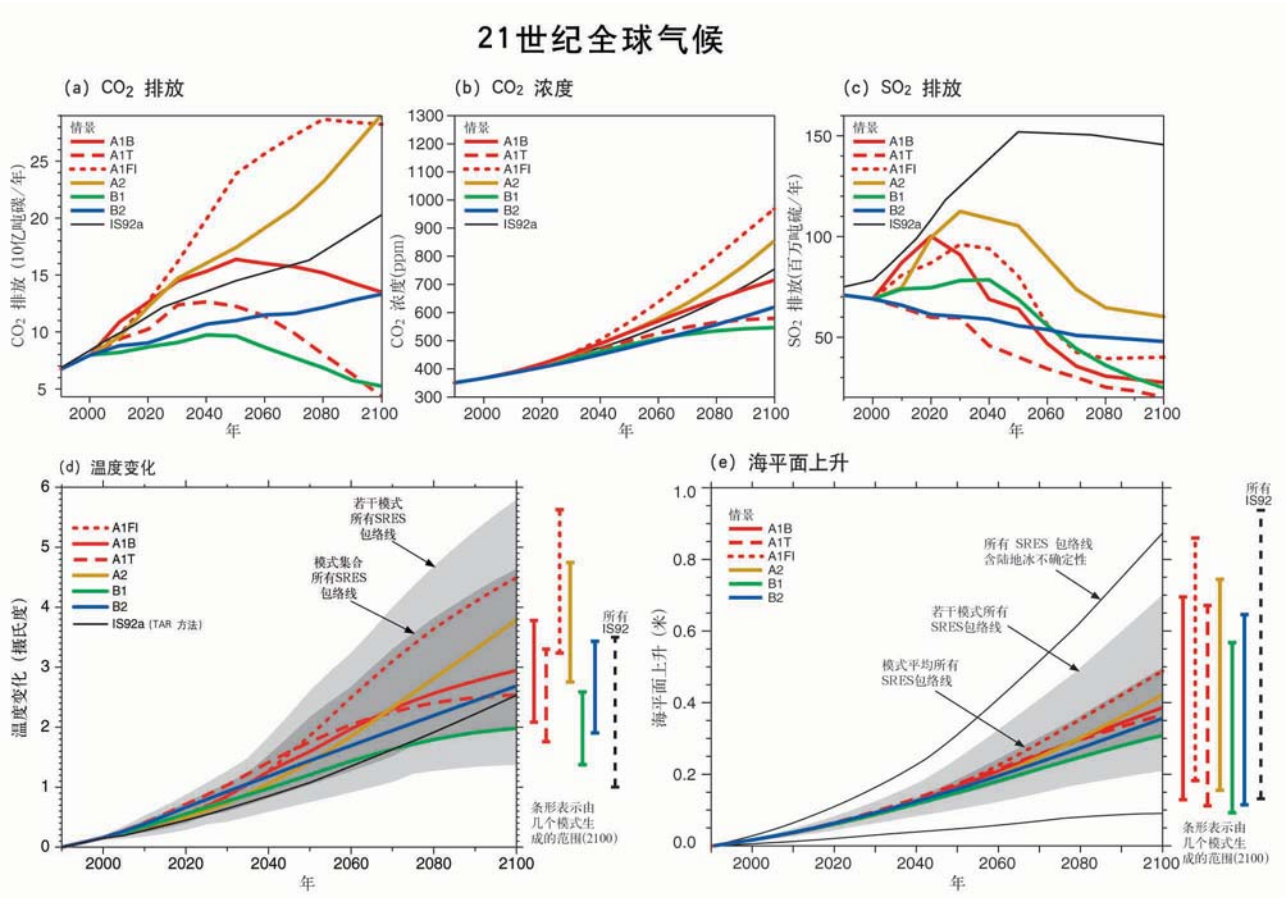


图5：二十一世纪的全球气候将取决于自然变化和气候系统对人类活动的响应。气候模式可以预测诸如全球地表温度和海平面上升等许多气候变量对各类温室气体及其它人为排放情景的响应。图（a）表示6个说明性的SRES情景下CO_2排放。方框内的文字解释了这些情景。同时表示的还有IS92a，以便与SAR比较。图（b）表明所预测的CO_2浓度。图（c）给出了人为SO_2的排放。其他气体和气溶胶排放也包括在模式里，但图中未表示。图（d)和(e)分别表明了所预测的温度和海平面响应。图（d）和图（e）中“若干模式所有SRES包络线”分别表示用简单模式得到的温度和海平面上升值，但此模式已经过调试，使其得到与具备各种气候敏感性的复杂模式相同的输出。所有SRES包络线指35个SRES情景所包括的范围。“模式平均所有SRES包络线”表示在各种排放情景下所有这些模式结果的平均值。注意，从这些排放情景得出的增暖和海平面上升趋势将持续到2100年以后。也注意，这些区间没有考虑与西南极冰盖冰动力过程变化有关的不确定性，同时也没有考虑在预测非硫酸盐气溶胶和温室气体浓度方面的不确定性。[根据（a）第三章，图3.12；（b）第三章，图3.12；（c）第五章，图5.13；（d）第九章，图9.14；（e）第十一章，图11.12，附录2]

个世纪内降到1990年水平以下，而且以后也要继续稳定减少。最终，CO_2排放要降到目前排放量的很小一部分。

气溶胶

- SRES情景对人为气溶胶（例如硫酸盐气溶胶（图5c）、生物质气溶胶、黑碳和有机碳气溶胶）给出了增加或减少两种可能性，这取决于化石燃料使用程度及其控制污染物排放的政策。另外，作为气候变化的结果，自然气溶胶（如海盐、沙尘以及造成硫酸盐和碳素气溶胶的排放等）可能会增加。

21 世纪的辐射强迫

- 在SRES说明性情景下，相对于2000年，整个21世纪由于温室气体引起的全球平均辐射强迫将持续增加，其中CO_2所占的份额从略高于一半到约四分之

三。就幅度而言，气溶胶的直接加间接辐射强迫的变化预计比CO_2的要小得多。

在所有的IPCC SRES情景下，全球平均气温和海平面预计都将升高

为了对未来的气候进行预测，模式考虑了过去以及未来温室气体和气溶胶排放，因而模式包括过去的排放对目前变暖的估计，以及对未来变暖的贡献。

气温

- 预计全球平均地表气温在1990–2100年期间增加1.4–5.8℃（图5d）。这些结果是针对所有35个的SPES情景，并利用若干个气候模式计算得到的[10,11]。
- 温度增加的预测比在SAP中的结果要大，根据6个IS92情景SAP给出的增温幅度为1.0–3.5℃。这个更大增温和更宽的变幅，主要是由于相对IS92情景SPES情景中所预测的较低二氧化硫排放。
- 所预测的增暖速率比在20世纪观测的变化大得多，并且根据古气候资料，很可能是至少过去1万年内所没有过的。
- 到2100年，在一个给定的情景强迫下一组气候模式所给出的地表气温响应范围，与在不同的SPES情景强迫下一个模式所给出的响应范围相当。
- 尽管在气候敏感性上存在不确定性，在几十年的时间尺度上，目前所观测的增温速率可以用来限定对某一给定排放情景的预期响应。这种方法表明，在IS92a情景下，在未来几十年，人类活动导致的增暖可能在每10年0.1–0.2℃的范围内，与图5d中简单模式预测的相应范围近似。
- 根据最近进行的全球模式模拟，几乎所有的陆地很有可能[7]将比全球平均增暖更快，特别是在北半球高纬度地区的寒冷季节。最为显著的是北美北部，以及亚洲的北部和中部的增暖。在每个模式里，这些地区的增暖幅度都超过全球平均的40%。相反地，南亚和东南亚的夏季以及南美南部的冬季的增暖却小于全球平均。
- 最近的热带太平洋表层温度趋势变得更近似厄尔尼诺状态，东部热带太平洋增暖比西部明显，降水带相应地向西移动。这种状态在不少模式预测里都将继续。

降水

- 根据全球模式模拟，对于多种情景，21世纪全球平均水汽浓度和降水预计将增加。到21世纪后期，北半球中高纬度和南极的冬季降水可能[7]将增加。而在低纬度陆地地区则是区域降水增加和降低并存。在预测平均降水增加的地方，降水的年际变率很可能会增大。

极端事件

表1描述了对20世纪后期所观测的极端天气和气候事件变化的信度（左栏）及对预测的21世纪变化的信度（右栏）[a]。这个评估依据观测和模式研究，以及对于所有共同采用情景下的未来预测的物理推测，同时也建立在专家判断的基础上[7]。

- 对其它一些可能对环境和社会产生重要影响的极端事件，目前尚没有足够的信息进行变化趋势的评估，同时模式的空间分辨率也不够，无法进行可靠的预测。例如，气候模式没有对雷暴、龙卷、冰雹和闪电这样很小尺度的现象进行模拟。

厄尔尼诺

- 在预测热带太平洋未来厄尔尼诺事件频率、强度和空间型变化上的信度还受到复杂模式在如何模拟厄尔尼诺方面存在一些缺陷的限制。现在的预测表明，未来100年厄尔尼诺事件强度没有变化或有少量增加。
- 即使厄尔尼诺事件强度变化很小或没有变化，全球

[10] 有物理依据的复杂气候模式是预测未来气候变化的主要工具。为了使用全部情景，也采用一些简单气候模式作为补充，但它们经过校准，以便可以在温度和海平面变化上产生与复杂气候模式相当的响应。这些预测是用简单气候模式获得的，其气候敏感性和海洋热吸收是用7个复杂气候模式校准的。在简单气候模式中所用的气候敏感性是1.7–4.2℃，与通常接受的1.5–4.5℃敏感性值接近。

[11] 此区间不包括在辐射强迫模拟上的不确定性，例如未考虑气溶胶辐射强迫的不确定性。一个小的碳循环气候反馈得到考虑。

[a] 详见第二章（观测）和第九、十章（预测）。

表 1：观测与预测的极端天气和气候事件变化的信度估计[a]

所观测变化的信度（20 世纪后期）	*现象上的变化*	*所预测变化的信度（21 世纪）*
可能的[7]	几乎所有陆地地区最高气温升高，热日数增加	很可能的[7]
很可能的[7]	几乎所有陆地地区最低气温升高，冷日数和霜日数减少	很可能的[7]
很可能的[7]	大部分陆地地区温度日较差减小	很可能的[7]
可能的[7]，许多地区	陆地地区热指数[12]增加	很可能的[7]，多数地区
可能的，许多北半球中高纬度陆地地区	强降水事件增多[b]	很可能的[7]，许多地区
可能的[7]，几个地区	夏季陆地变干，干旱风险增加	可能的[7]，多数中纬度大陆内部（其它地区预测不一致）
在现有的几个分析中未观测到	热带气旋最大风速增大[c]	可能的[7]，一些地区
评估资料不足	热带气旋平均和最大降水强度增加[c]	可能的[7]，一些地区

[a] 详细见第二章（观测）和第九、十章（预测）。
[b] 对其它地区，或者资料不充分，或者分析结果相互矛盾。
[c] 热带气旋的位置和强度在过去和未来的变化是不确定的。

增暖也可能导致更强的干旱和强降水极端事件，增加旱涝的风险。在许多地区，这些事件伴随厄尔尼诺事件发生。

季风

- 与温室气体浓度增加有关的变暖可能[7]引起亚洲夏季季风降水变率增加。季风平均持续期和强度的变化取决于排放情景的细节。这种预测的信度也受到气候模式是否很好地模拟了详细的季风季节演化事实的限制。

温盐环流

- 大多数模式结果显示出北半球温盐环流的减弱，这导致向北半球高纬地区热量输送的减少。但即使对表明温盐环流减弱的模式，受温室气体浓度增加的影响，欧洲气候仍将变暖。现有的气候模式预测没有表明到 2100 年温盐环流完全停顿。2100 年以后，如果辐射强迫的变化足够大，并且持续时间足够长，两半球的温盐环流将会完全停顿下来。这种停顿可能是不可逆的。

雪与冰

- 北半球雪盖和海冰范围预计将进一步减少。
- 冰川和冰盖在 21 世纪预计将进一步大范围退缩。
- 由于降水增多，南极的冰盖质量可能[7]会增加；而由于径流增加快于降水增长，格陵兰的冰盖质量可

12 热指数：描述人体舒适度的温度和湿度条件的组合指标。

能[7]会减少。

- 人们关心西南极冰盖的稳定性，因为它坐落在海平面之下。尽管对其动力学仍理解得不充分，特别是对更长时期的预测很难把握，但现在普遍认为在21世纪能导致海平面显著上升的地基冰损失是很不可能[7]的。

海平面

- 在所有的SPES情景下，预计1990–2100年全球平均海平面将上升0.09–0.88米。这一上升主要是由于热力膨胀和冰川、冰盖质量的损失（图5e）。根据IS92情景，SAP提出的海平面升高范围是0.13–0.94米。尽管本次评估中温度增加预测值更大，但海平面预测值却略微下降，这主要是因为使用了改进的模式。这些模式认为冰川和冰盖的贡献较小。

人为引起的气候变化将持续数个世纪

- 长生命期的温室气体（即CO_2、N_2O、PFC、SF_6）排放对大气组成、辐射强迫和气候具有持久的影响。例如，在CO_2排放发生以后的几个世纪，由这些排放引起的大气CO_2浓度增加的四分之一左右仍然留在大气里。
- 在温室气体浓度稳定以后，全球平均温度将继续上升，上升速率为每个世纪十分之几度，而不是所预测的21世纪浓度未稳定情况下全球平均温度上升速率每个世纪几度。稳定时的浓度水平越低，全球温度变化就越小。
- 在温室气体浓度（即使在现在的浓度水平上）稳定后的几百年内，全球平均地表气温仍将持续上升，而且由于海洋热膨胀的作用海平面也将继续上升，这归因于长时间尺度深水海洋对气候变化的调整。
- 在气候稳定后的几千年内，冰盖还将继续对气候变暖进行响应，并对海平面上升作出贡献。气候模式表明，格陵兰局地增温可能[7]是全球平均的1–3倍。冰盖模式预测，如局地增暖超过3℃，并且持续几千年，将导致格陵兰冰盖全部融化，使全球海平面大约上升7米。如局地增暖达到5.5℃，而且维持1000年，格陵兰冰盖的融化将可能[7]导致海平面大约升高3米。
- 目前冰动力学模式预测，南极西部的冰盖将导致未来1000年内海平面上升达3米。但这些结果主要依赖于关于气候变化情景、冰动力学和其它因素的模式假设。

为解决在信息和理解方面仍存在的差距需要进一步行动

需要进一步研究来提高气候变化检测、判别气候变化原因和理解气候变化，减少不确定性，以及预测未来气候变化的能力。尤其需要开展系统的和长期的额外观测以及模拟和过程研究。观测网的减少受到了密切关注。下述领域是研究行动的高度优先领域：

- 系统的观测和重建：
  - –扭转世界上许多地区观测网恶化的趋势。
  - –通过提供长期、准确、一致的资料，包括执行综合全球观测战略，维持和增加用于气候研究的观测基础。
  - –加强对过去气候时期的气候重建工作。
  - –改进对温室气体和气溶胶空间分布的观测。
- 模拟和过程研究：
  - –改进对导致辐射强迫变化的机制和因子的理解。
  - –理解并描述重要的未解决的过程和反馈，包括气候系统内的物理和生物地球化学过程。
  - –改进量化气候预测和气候情景不确定性的方法，包括用复杂模式进行的长期集合模拟。
  - –改进各种全球和区域气候模式，重点改进对气候变率、区域气候变化和极端事件的模拟。
  - –有效地将物理气候－生物地球化学系统耦合起来，并进而改进对人类活动描述的耦合。

交叉连贯这些焦点问题迫切需要增强国际合作和协调，以便更好地利用科学、计算和观测资源。这也将促进科学家之间的资料自由交换。特别需要在许多地区尤其是在发展中国家增强观测与研究能力。最后，正如本评估报告目标所追求的，还需要经常不断地交流对于决策制定有关的研究进展情况。

排放情景特别报告中的排放情景（SRES）

A1. A1框架和情景系列假设了一个这样的未来世界，即经济快速增长，全球人口快速增长并在21世纪中达到峰值然后下降，同时新的更有效的技术快速出现。这些情景的基本点是地区间的趋同，能力建设以及增加的文化和社会间相互联系，以致地区间人均收入上的差距大大减小。A1情景系列被划分成3类，分别描述了能源系统内技术变化的不同方向。其中A1FI代表强烈依赖化石燃料，A1T代表主要依赖非化石燃料，A1B代表一种均衡的燃料使用策略（均衡是指不过分地依赖某一种能源，其基本假设是在所有的能源供应和终端利用技术方面具有相似的改进速率）。

A2. A2框架和情景系列假设了一个非常不均质的世界。其基本点在于自行发展和区域特点的保存。各地区间人口出生率的趋同过程非常缓慢，致使人口持续增长。经济发展主要是内向型的。同其它情景系列比较起来，人均经济增长和技术变化更加脆弱，与其它框架比也更为缓慢。

B1. B1 框架和情景系列假设了一个趋同的世界，即全球人口与A1框架相同在21世纪中达高峰然后下降，但其经济结构快速转向服务业和信息产业，材料消耗强度减少，清洁高效资源技术得到利用。该情景系列强调了从全球角度解决经济、社会和环境的可持续性，包括改进公平，但并未另外采取气候行动。

B2. B2 框架和情景系列假设了这样的未来世界，即其基本点在于经济、社会和环境可持续发展在区域尺度上进行解决。在此世界中，全球人口不断增长，但增长率低于A2，经济发展速度中等，技术变化没有B1和A1框架快，但比之更为多样。尽管这些情景也强调环境保护和社会公平，但主要着眼于局地和区域层次上。

说明性情景可以从 A1B、A1FI、A1T、A2、B1和B2等6个情景类型中选取。所有情景均应被看作是同样合理的。

这些SPES情景没有考虑外加的气候行动，这意味着：没有任何情景曾明确假设履行联合国气候变化框架公约或京都议定书排放目标的情形。

信息来源：决策者摘要

本附件提供了决策者摘要的各小标题（页码和小标题）与完整报告的有关章节交叉参阅。

日益增加的观测结果提供了一个变暖的世界和气候系统的其他变化的整体情况。

SPM 页码	交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节
152	*20世纪全球地面平均气温升高约0.6℃。* · 2.2.2 · 2.2.2 · 2.3 · 2.2.2
152–154	*过去40年大气层8千米以下部分已经升温。* · 2.2.3 和2.2.4 · 2.2.3 和2.2.4 · 2.2.3，2.2.4 和12.3.2
	雪盖和结冰范围已经减少。
154	所有 3 个圆点：2.2.5 和2.2.6
154	*全球平均海平面升高，海洋热容量增加。* · 11.3.2 · 2.2.2 和11.2.1
154	*气候的其他重要方面也发生了变化。* · 2.5.2 · 2.7.2 · 2.2.2 和2.5.5 · 2.7.2 · 2.6.2 和2.6.3 · 2.7.3 · 2.7.3
154	*气候的一些重要方面似乎未变* · 2.2.2 · 2.2.5 · 2.7.3 · 2.7.3

人类活动造成的温室气体和气溶胶排放继续以预期影响气候的方式改变着大气。

SPM 页码	交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节
154–155	段：“气候系统内部……” 1，3.1，4.1，5.1，6.1，6.2，6.9，6.11 和6.13

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

154–157 *由于人类活动，大气温室气体浓度及其辐射强迫继续增加。*

二氧化碳：·3.3.1，3.3.2，3.3.3和3.5.1·3.5.1·3.2.2，3.2.3，3.5.1和表3.1·3.5.1和3.5.2

甲烷：·4.2.1

氧化亚氮：·4.2.1

卤烃：·4.2.2

混合良好的气体的辐射强迫：·4.2.1和6.3

平流层臭氧：·4.2.2和6.4

对流层臭氧：·4.2.4和6.5

157 *人为产生的气溶胶寿命很短并且大部分产生负辐射强迫。*

·5.2和5.5.4·5.1，5.2和6.7·5.3.2，5.4.3和6.8

157 *在过去的世纪中自然因子对辐射强迫起了少量作用。*

·6.11和6.15.1·6.9和6.15.1·6.15.1

模式预测未来气候能力方面的信度已增强。

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

157 段：“要对反馈和区域特征提供……”8.3.2，8.5.1，8.6.1，8.10.3和12.3.2

157–158 ·7.2.1，7.5.2和7.6.1·8.4.2·8.6.3和12.3.2·8.5.5，8.7.1和8.7.5

有新的和更强的证据表明，过去50年观测到的增暖的大部分可归结于人类活动。

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

158 段：“SAP 得出……”12.1.2和12.6

158 ·12.2.2，12.4.3和12.6 ·12.4.1，12.4.2，12.4.3和12.6·12.2.3，12.4.1，12.4.2，12.4.3和12.6·12.4.3和12.6·12.6·12.4.3·12.4.3和12.6

158 “根据新的证据，考虑到 ...”12.4和12.6

158 “此外，20世纪的增暖……”11.4

在整个21世纪人类影响将继续改变大气组成。

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

158 段：“根据由IPCC排放情景……”4.4.5和附件II

158–160 *温室气体*

·3.7.3和附件II·3.7.1，3.7.2，3.7.3和附件II·3.7.3和附件II·3.2.2和附件II·4.4.5，4.5，4.6和附件II·3.7.3

160 *气溶胶*

·5.5.2，5.5.3和附件II

161 *21世纪的辐射强迫*

·6.15.2和附件II

在所有的IPCC SRES情景下，全球平均气温和海平面预计都将升高

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

161 *气温*

·9.3.3 · 9.3.3 ·2.2.2，2.3.2和2.4·9.3.3和10.3.2·8.6.1，12.4.3，13.5.1和13.5.2 ·10.3.2和框10.1·9.3.2

161 *降水*

·9.3.1，9.3.6，10.3.2和框10.1

161 *极端事件*

·表1：2.1，2.2，2.5，2.7.2，2.7.3，9.3.6和10.3.2·2.7.3和9.3.6

161–162 *厄尔尼诺*

·9.3.5·9.3.5

162 *季风*

·9.3.5

162 *温盐环流*

·9.3.4

162–163 *雪与冰*

·9.3.2·11.5.1·11.5.1·11.5.4

163 *海平面*

·11.5.1

人为引起的气候变化将持续数个世纪

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

163 · 3.2.3，4.4和6.15 · 9.3.3和9.3.4
· 11.5.4 · 11.5.4 · 11.5.4

为解决在信息和理解方面仍存在的差距需要进一步行动

SPM 页码 交叉参阅 ： *SPM 小标题* · 有关章节

163 所有圆点：14，执行摘要

气候变化 2001：
科学基础

技术摘要

此报告已为 IPCC 第一工作组接受，但未经详细批准。

工作组或委员会届会“接受”IPCC报告，指该材料未经逐行讨论并取得一致意见，但它对所涉及的主题仍提出了全面、客观和平衡的观点。

主要作者召集人：

D.L. Albritton (美国), L.G. Meira Filho (巴西)

主要作者：

U. Cubasch (德国), X. Dai (中国), Y. Ding (中国), D.J. Griggs (英国), B. Hewitson (南非), J.T. Houghton (英国), I. Isaksen (挪威), T. Karl (美国), M. McFarland (美国), V.P. Meleshko (俄罗斯), J.F.B. Mitchell (英国), M. Noguer (英国), B.S. Nyenzi (坦桑尼亚), M. Oppenheimer (美国), J.E. Penner (美国), S. Pollonais (特立尼达和多巴哥), T. Stocker (瑞士), K.E. Trenberth (美国)

撰稿作者：

M.P. Allen(英国), A.P.M. Baede (荷兰), J.A. Church (澳大利亚), D.H. Ehhalt (德国), C.K. Folland (英国), F. Giorgi (意大利), J.M. Gregory (英国), J.M. Haywood (英国), J.I. House (德国), M. Hulme (英国), V.J. Jaramillo (墨西哥), A. Jayaraman (印度), C.A. Johnson (英国), S. Joussaume (法国), D.J. Karoly (澳大利亚), H. Kheshgi (美国), C. Le Quéré (法国), L.J. Mata (德国), B.J. McAvaney (澳大利亚), L.O. Mearns (美国), G.A. Meehl (美国), B. Moore III (美国), P.K. Mugara (赞比亚), M. Prather (美国), C. Prentice (德国), V. Pamaswamy (美国), S. C.B. Paper (英国), M.J. Salinger (新西兰), P. Scholes (南非), S. Solomon (美国), P. Stouffer (美国), M-X. Wang (中国), P.T. Watson (美国), K-S. Yap (马来西亚)

编审：

F. Joos (瑞士), A. Pamirez-Pojas (委内瑞拉), J.M.P. Stone (加拿大), J. Zillman (澳大利亚)

A. 引言

A.1 IPCC及其工作组

政府间气候变化专业委员会(IPCC)是由世界气象组织(WMO)和联合国环境规划署(UNEP)于1988年创建的,其宗旨是并将继续是对气候变化[1]各方面的认识水平提供评估,包括人类活动是如何引起这些变化及其影响。人们所共识的是由于人类活动所产生的温室气体排放对气候系统的改变具有潜在的影响(见框1),其中既有负面的也有正面的影响。同时也认识到对这样一个全球范围议题的评述需要建立全球性的组织,包括全球科学机构参与的对有关议题的评估。

在第一次届会上,IPCC成立了三个工作组,目前分别负责:第一工作组,对气候系统和气候变化科学问题的阐述;第二工作组,气候变化的影响及其适应问题;第三工作组,减轻气候变化的对策。IPCC在1990年完成了第一次评估报告,又于1996年完成了第二次评估报告。

IPCC的报告有下面的特点:(1)对气候系统及相关因素已知的和未知的最新描述;(2)基于国际上专家团体的成果;(3)经过公开和平等的专业评审过程;(4)依据科学出版物,其发现按对决策者有用的方式得到归纳。尽管评估信息与政策相关,但是IPCC不会建立或支持某项公共政策。

第一工作组的评估范围包括气候系统目前变化的观测和趋势,过去变化和趋势的重建,与变化有关过程的了解以及将这些知识用于模式中,这些模式有助于了解变化的原因,并能提供气候系统中由于自然和人类引起的未来变化的模拟。

A.2 第一工作组的第一次、第二次评估报告

在1990年的第一次评估报告中,第一工作组基于过去几十年已经得到的研究成果,对气候系统和气候变化的现状理解做了详尽的描述。重点强调了一些主要的观点。温室效应是行星的自然特征,对其基本物理过程有了较好的了解,大气温室气体含量正在不断增加,而且主要是由于人类活动引起的。预计未来温室气体排放将持续上升,并将导致行星地表平均温度急剧升高,这样的升高将超过过去几千年的自然变化,并且其可逆过程是很慢的。过去一百年里,温度上升了大约0.5℃,这与气候模式中加入温室气体增加所做的预测结果非常吻合,但是对与自然变化的了解的水平也具有可比性。最后,应该指出的是,目前的理解水平和气候模式的现有能力都限制了对某些区域气候变化的预测。

根据其它的研究结果和期间完成的特别报告,IPCC第一工作组在1996年的第二次评估报告(SAP[2])中评估了新的研究进展。该报告强调大气中温室气体含量在继续增加,而保证大气温室气体浓度的稳定(这是气候变化框架公约第二款的最终目标)要求大量减少排放。另外,全球气温持续升高,至少自1860年来最近一些年为最暖年份。而气候模式模拟观测到的事件和趋势的能力也已有了提高,尤其是在气候模式中引入硫酸盐气溶胶和平流层臭氧等作为辐射强迫因子。利用这种模拟能力与观测到的区域温度变化的规律做比较,该报告得出的结论是定量描述由人类活动影响全球气候的能力是有限的,这种局限性来自于难以从自然变化的噪音中区分出所希望的信号以及其它一些关键因子的不确定性。不管怎样,该报告也证实"各种证据表明人类活动对全球气候产生可辨别的影响"。最后,根据大量的未来温室气体含量情景对气候系统的多组响应做了模拟。

[1] IPCC惯用的*气候变化*指的是一段时间内气候的任何变化,这种变化或者是由于自然变化或者是由于人类活动的结果。这里的惯用法有别于气候变化框架公约中的用法,后者的气候变化指的是由于人类活动直接或间接引起的全球大气成分的改变,并且有别于在可以比较的时间区间内所观测到的自然气候变率。详细的科学技术术语的定义见附件一中的注释。

[2] 本技术摘要的SAP指IPCC第二次评估报告。

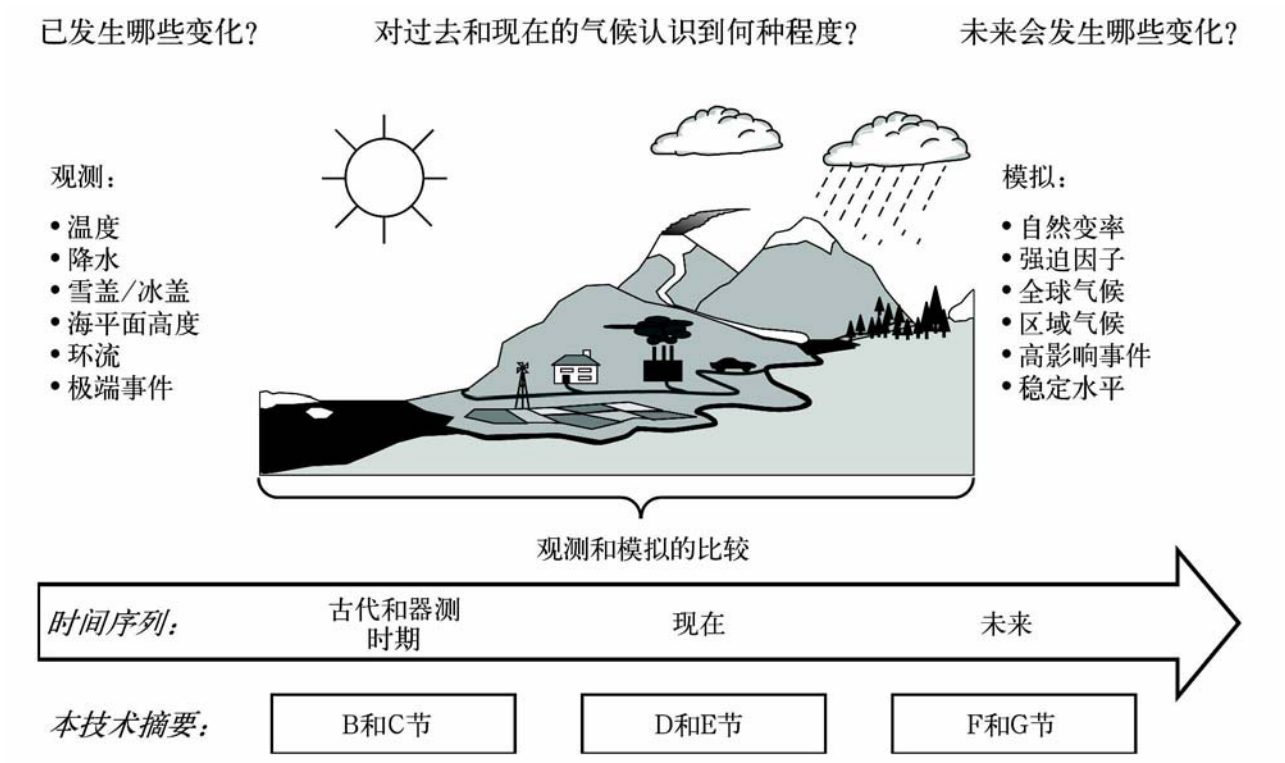


图 1：气候系统及与人类有关的关键问题。本技术报告以详细报告的各章节为基础，采用上述结构提供解答。

A.3 第三次评估报告：本技术摘要

IPCC第一工作组第三次主要评估报告以过去的评估为依据，并加进了最近五年内气候研究的成果。该技术摘要以有关章节的基础信息为基础，这些章节在附件的来源注解中可前后互相参阅。本摘要的目的是描述气候系统的主要特征（图 1）以及 21 世纪初的气候变化，主要有：

- 与过去气候变化有关的观测记录就平均状况和极端状况在全球和区域尺度上表明了什么？（章节 B）
- 对引起气候变化的因子包括自然的（例如太阳变化）和与人类有关的（例如温室气体）现象的定量了解有多少？（章节 C）
- 目前模拟气候系统对这些强迫因子的响应能力如何？特别是，目前全球气候模式中描述的关键物理和生物地球化学过程如何？（章节 D）
- 依据目前的观测数据和目前的气候预测能力，与有关人类对当今气候影响的比较表明了什么？（章节 E）
- 另外，利用目前的预报工具，可能的未来气候是什么？即对数个气候强迫因子的大量预测，目前对全球温度、区域降水结构、海平面和极端事件变化的预测了解如何？（章节 F）

最后，哪些是能提高我们对气候系统的认识水平并减少有关未来气候变化不确定性的最急需开展的研究活动?

IPCC第一工作组的第三次评估报告是几百名来自发达国家和发展中国家科学家共同努力的结果，他们对报告的编写和评审都做出了贡献，以下是他们对气候系统了解的总结。

框 1：什么驱动了气候的变化？

地球从太阳吸收的辐射主要集中在地球表面，然后这种能量又通过大气和海洋环流重新分布，并以长波（红外）方式辐射回太空。从年平均和把地球作为一个整体角度考虑的话，进入的太阳辐射能量和出去的陆地辐射大致平衡。任何改变接受太阳辐射或失去辐射到太空的因子，或改变大气和大气、陆地与海洋中的能量重新分布的因子，都会影响气候。这里和先前IPCC报告提到的全球地球－大气系统可获得的净辐射能量定义为辐射强迫。正的辐射强迫会使地球表面和低层大气变暖，而负的辐射强迫使它们变冷。

温室气体浓度的增加将降低地球表面到太空的辐射效率，因为来自地球表面的多数向外陆地辐射被大气所吸收，并在高纬和低温下重新射出。这就导致正的辐射强迫使低层大气和地表增温。由于较少的热量逃逸到太空，这就是增强的温室效应——由于水蒸汽、二氧化碳、臭氧、甲烷和氧化亚氮等温室气体的自然存在，在地球大气产生数十亿年的效应的增强。辐射强迫值依赖于每种温室气体浓度增加的大小，相关气体的辐射特性，以及业已存在在大气中的其它温室气体的浓度。另外，很多温室气体排放后，能在大气中停留几百年，因此对正的辐射强迫需要有一个长时间的约定。

对流层中人为源形成的气溶胶（微小的空中粒子或水滴），如来自化石燃料和生物质燃烧的气溶胶，能反射太阳辐射，这种情况会导致气候系统的变冷趋势。由于黑碳（煤灰）气溶胶能吸收太阳辐射，通常它使气候系统增暖。另外，气溶胶浓度的变化可以通过影响云的特性和寿命而改变云量和云反射率。大多数情况下，对流层气溶胶常常产生负的辐射强迫来使气候变冷。由于它们比大多数的温室气体（几十年到几百年）的寿命短得多（数天到数周），所以它们的浓度改变对排放变化的响应非常快。

火山活动能向平流层喷发出大量的含硫气体（主要是二硫化物），它们将形成硫酸盐气溶胶。单个火山喷发能产生较大的但是短暂的负的辐射强迫，通常在几年的时间里使地球表面和低层大气变冷。

太阳的能量输出在11年周期里变化很小(0.1%)，而在较长的时间期里则会发生变化。在数十年到数千年的时间尺度里，我们十分了解的地球轨道的缓慢变化使得太阳辐射在季节和纬度分布上有所变化，这些变化在遥远的过去如冰期和间冰期里对控制气候变化起着重要的作用。

当辐射强迫发生改变，气候系统会在不同时间尺度上作出响应。其中最长的响应是由于深海的巨大热容量和冰原的动力调整。这意味着对一个变化（或者正的或者负的）的短暂响应可能会持续几千年。地球辐射平衡的任何变化，包括那些由于温室气体或气溶胶浓度的增加都将改变全球水循环和大气海洋环流，由此影响天气分布型式以及区域温度和降水。

任何人类引起的气候变化都将融合到全时间和空间尺度范围的自然气候变化背景中。气候变率的发生是由于气候系统强迫的自然变化引起的，例如太阳辐射射入强度的改变以及由火山喷发引起的气溶胶浓度的变化。由于气候系统各成分间复杂的相互作用，如大气和海洋的耦合，自然的气候变化在外部强迫不发生变化时也会出现。厄尔尼诺和南方涛动（ENSO）现象，即是年际时间尺度的这类自然的内部变化例子。要想从自然变化中区分出人类引起的气候变化，必须在自然气候变率的背景“噪音”中判别出人类的“信号”。

B．气候系统里观测到的变化

地球气候正在改变吗？毫不含糊的回答是“是”。大量观测支持这一结论，并且为这些变化的迅速程度提供依据。这些数据对构建一个更困难问题的答案提供了所依据的基本事实，问题是：“为什么气候系统会变化？”。这些会在后面的部分作阐述。

本节对观测事实提供了最新的归纳总结，以描述过去气候系统已发生的变化。气候系统的许多要素已经得到直接测量，即“仪器记录”。例如，地面温度广泛的直接测量始于大约19世纪中叶。其它地面天气要素，如降水和风，近全球观测也开展了大概一百年。在某些地区，海平面测量已进行了一百多年，但是潮汐观测只在某些地区才有较长的记录。探空观测是在20世纪40年代后期才系统地开始的。海洋表面观测也有较长的记录，它们是从20世纪中叶由船舶和在70年代后期由浮标完成的，现已拥有20世纪40年代后期以来的几乎全球范围的次表层海温测量数据。自20世纪70年代后期以来，由地球观测卫星获得的其它资料已对气候系统各种成分提供广泛的全球观测。另外，不断增加的古气候资料集，如树木、珊瑚、沉积物和冰正在给出距今百年和千年前地球气候的信息。

本节对关键气候要素，如温度、降水和大气湿度、雪盖、陆冰和海冰的范围、海平面、大气和海洋环流的结构、极端天气和气候事件以及气候变率的综合特征的过去变化作了重点论述，章节的结论部分对这些不同的气候要素的观测趋势进行了比较，试图给出一个整体图象。其内部一致性程度对评估了解气候系统的目前信度水平是一个关键要素。

B.1 观测到的温度变化

仪器记录的陆地和海洋温度

自19世纪后期以来全球平均地面温度已经上升了0.6 ± 0.2℃[3]。自1861年有仪器记录以来，20世纪90年代可能是最温暖的十年，1998年是最温暖的一年（图2）。从第二次评估报告以来估计全球0.15℃增暖的主要原因是与后来6年（1995到2000年）资料的增暖记录有关，第二个原因是与估算变化方法的改进有关。目前，稍为较大的不确定性范围（±0.2℃，95%的信度间隔）还是客观

[3] 一般地，由于时间段受到资料获取程度所限，温度趋势在每单位时间大约最接近0.05℃。

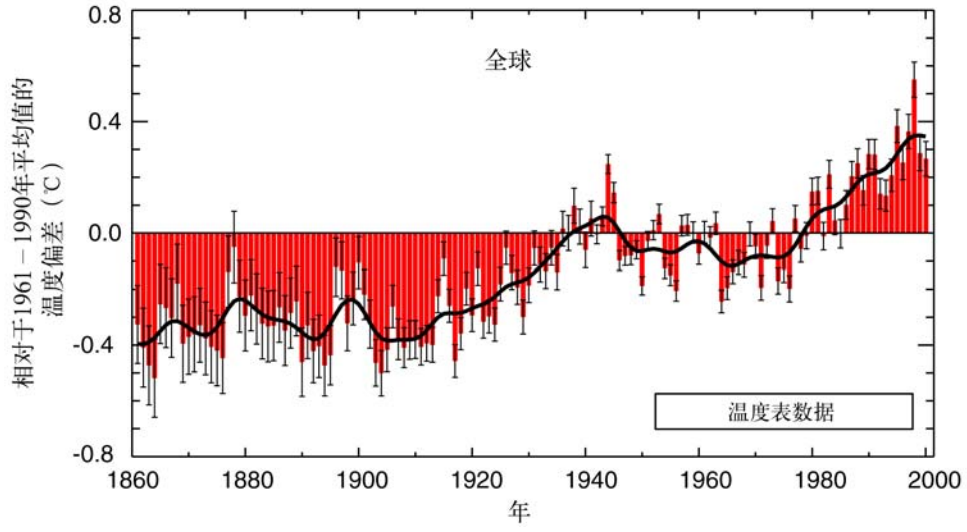


图2：相对1961－1990年综合的1861－2000年年地表和海表温度距平（℃），在年数值上刻度指示有两个标准方差的不确定。（根据图2.7c）

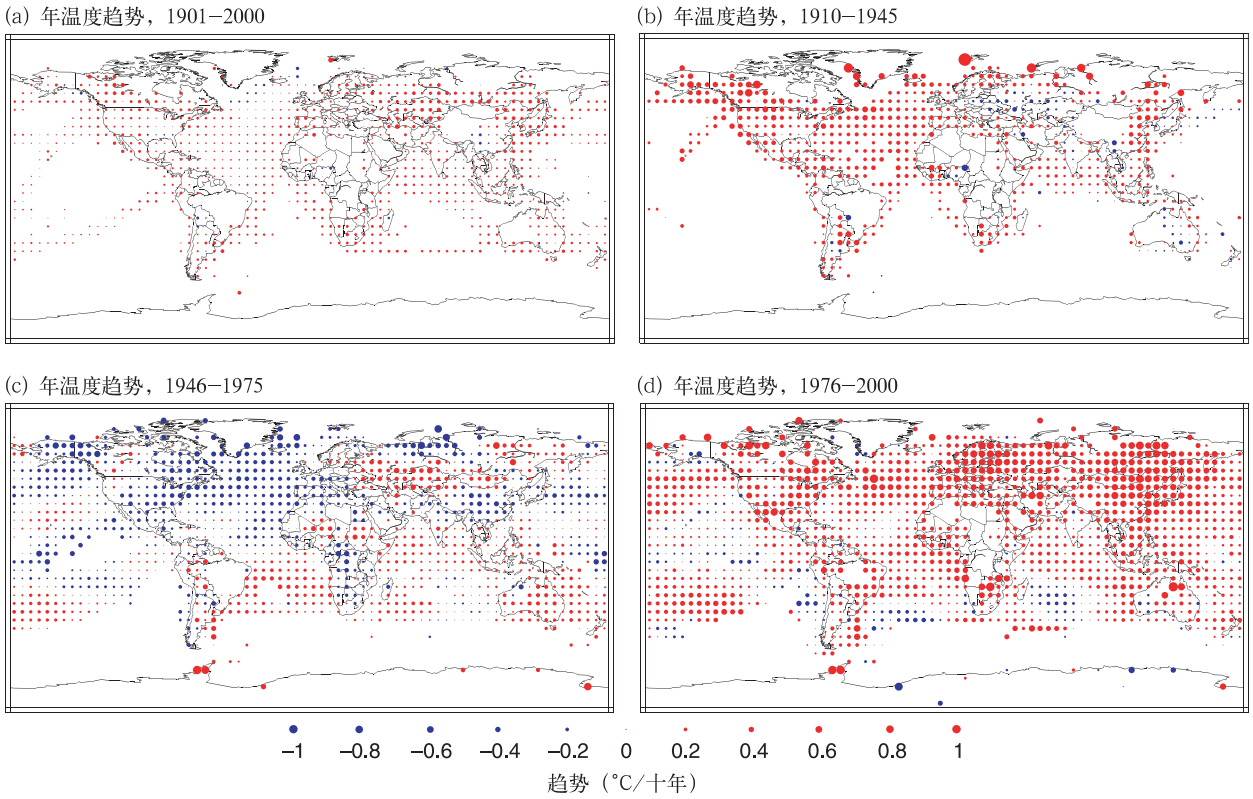


图 3：1901–2000，1910–1945，1945–1975，1976–2000 四段时间的年温度趋势，趋势分别由圆点区域大小表示，红点表示增加，蓝点表示减少，绿点表示较少或没有变化，趋势是通过年平均网格距平资料计算得到的，符合计算年距平值最少需要 10 个月资料的要求，在 1901–2000 年，趋势的计算是只是利用 100 年中至少包括了 66 年年距平的网格资料，对短时间段内（1910–1945 年，1946–1975 年，1976–2000 年）的较少的年数分别是 24，20 和 16 年。[根据图 2.9]

存在的。另外，由于一些新的研究技术的提高，第二次评估报告后，估算 19 世纪末以来全球温度升高信度的科学基础也已有了加强，这方面包括海面温度资料根据时间连续偏差订正的独立性检验以及城市热岛效应对全球陆地温度趋势影响的新分析。正如图 2 指出的，19 世纪后期以后大多数全球温度增暖主要出现在二个不同阶段：1910–1945 年和 1976 年之后，两段时间温度升高的速率大约为 0.15℃／十年。最近，陆地增暖大于海洋增暖，在 1950–1993 年海面温度的升高大约是陆地表面平均温度升高的一半。与 1997、1998 年厄尔尼诺事件有关的全球温度的高值可作为一个极端事件，并对最近的增暖速率也负有责任。

*20世纪初增暖与20世纪后期增暖的区域结构是不同的。*图 3 是整个 20 世纪以及 3 个时间段增暖的区域特征。在最近时间段的增暖（1976–1999 年）几乎是全球性的，但是最大的温度增长发生在北半球大陆的中高纬度。年际变冷在北大西洋西北部和北太平洋中部比较明显，但是北大西洋变冷的趋势在近期有所改变。所显示的最近温度变化型式部分地与大气－海洋涛动的各阶段，如北大西洋－北极涛动、太平洋十年涛动有关。因此，几十年区域温度趋势受气候系统区域变率的影响很大，可以偏离全球平均。1910–1945 年的增暖主要集中在北大西洋，相反，1946–1975 年北大西洋和北半球大部分地区表现出明显的变冷，而在南半球大部分地区却是增暖。

新的分析表明从1950年以来全球海洋热容量已经有明显的增加，一半以上的热容量增加出现在海洋上层300米以上，相当于该层温度升高速率约为0.04℃／十年。

*1950–1993年日最大、最小地面温度的最新分析仍旧表明，虽然不是每一个地区，但大部分地区温度日较差显著减少。*平均而言，最小温度升高的速率是最高温度的2倍（0.2对0.1℃／十年）。

从卫星和气球记录得到的地表以上的温度

*地面、气球和卫星测得的温度表明对流层和地球表面发生了增暖，而平流层变冷了。在比较短的时间内（1979年以后），即同时获得卫星和气球数据时间内，卫星和气球记录表明对流层低层的增暖比观测到的地面增暖小很多。*对1958年来大气层最低层8公里和地面温度趋势的分析表明二者具有很好的一致性，如图4a，大约每十年增暖0.1℃。尽管如此，由于卫星记录开始于1979年，从卫星和气球得到的温度资料显示全球中低对流层的增暖速率大约是每十年0.05 ± 0.10℃，全球平均地表温度升高为0.15 ± 0.05℃／十年。增暖速率的不同从统计上讲是明显的。相反，1958–1978年，地表温度趋势变化几乎为零，而大气层最低8公里的变化趋势接近0.2℃／十年。1979年来所观测到增暖差别的一半可能[4]是由于地面和对流层观测空间范围的不同、一系列火山喷发的物理效应和发生在这段时间的厄尔尼诺（见框4关于ENSO的一般性描述）的综合作用有关。其它的差别很大可能是由于真实的而非观测性的偏差，这主要是由于热带和副热带地区温度变化速率不同引起的，该地区在1979年前大气层8公里下的变化速度较快，而之后的变化较慢。在北半球中纬度大陆的增暖速度没有明显的不同。对流层高层在20世纪60年代初来没有检测到明显的全球温度变化趋势。平流层，如图4b所示，卫星和气球观测都表明有显著变冷，同时由于火山喷发，不时穿插着1到2年的增暖。

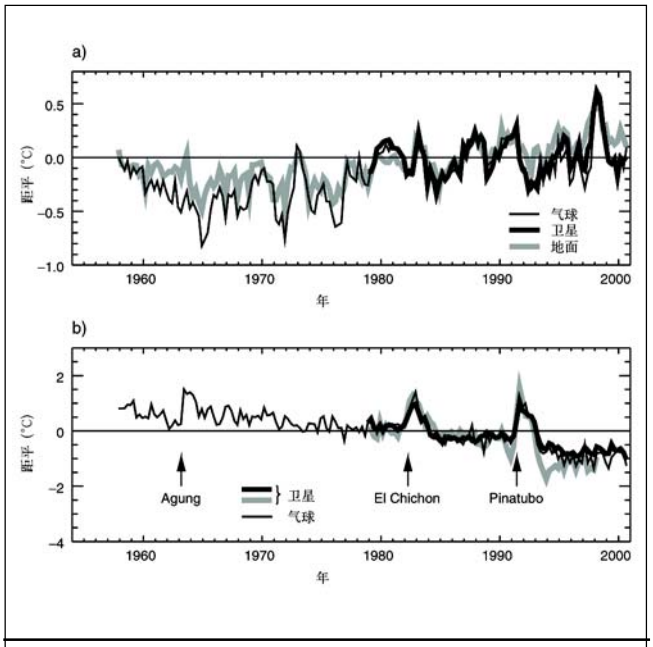


图4： (a)气球和卫星及地面观测的对流层季节温度距平时间序列，(b)气球和卫星观测的平流层低层季节温度距平时间序列。[根据图 2.12]

通过代用记录得到的器测时代前地面温度

*20世纪比过去1000年的任何时间的增暖速率和持续时间可能都要大，20世纪90年代可能是北半球1000年来最暖的十年，1998年可能是最暖的一年。*在了解最近一千年来的温度变化已取得了重大的进步，特别在单个温度重建的综合集成上。北半球新的详细的温度记录见图5，该数据显示了北半球与11–14世纪有关的相对暖和的时段和与15–19世纪有关的相对冷的时段。尽管如此，没有证据支持中世纪温暖期和小冰期分别是全球同步的。如图5表示的20世纪北半球增暖的速率和持续时间似乎在这一千年是前所未有的，这不能简单地认为是15–19世纪小冰期的恢复。通过得到的古气候资料的空间代表性的敏感分析，这些分析可得以补充，注意到即使与上一千年的最暖期比最近十年的增暖超出了温度不确定性的95%信度区间。更进一步，几种不同的分析业已完成，每一种都表明北半球过去十年的温度比过去600到1000年的任何时段都暖和。这是一个时间序列，是利用半球范围的树木年轮、冰芯、珊瑚和其它年分辨率代用资料的计算得到有年分辨率的温度时间序列。由于获得的资料较少，对从现在以前一千年的年平均，以及对1861年前南半球

[4] 在本技术摘要和决策者摘要中，下面的词语被用来表示信度的近似判别估计，*基本肯定*（结果是真的几率大于99%），*很可能*（90–99%几率），*可能*（66–90%几率），*中等可能*（33–66%几率），*不可能*（10–33%几率），*极不可能*（1–10%几率），*完全不可能*（低于1%几率）。读者可以详见各章节内容。

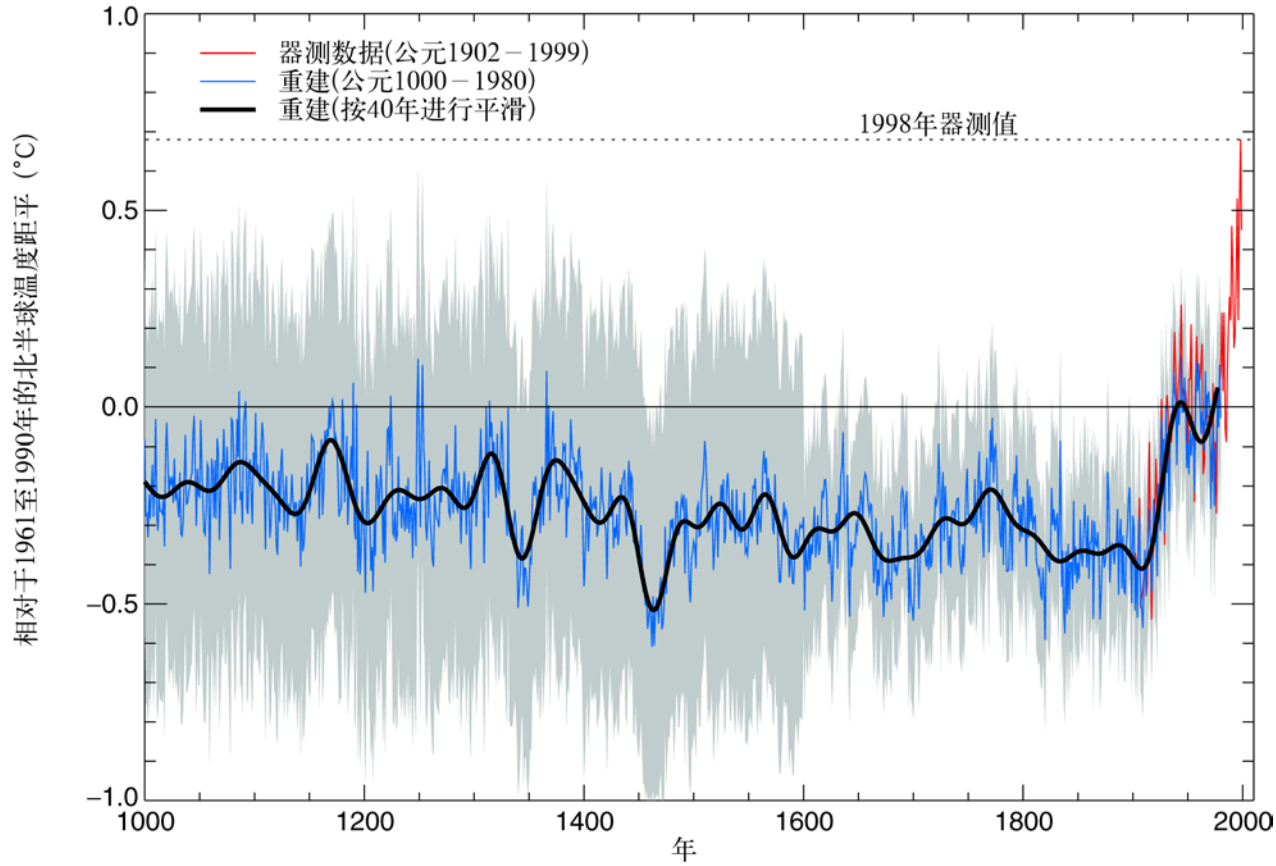


图5：公元1000−1999年北半球千年温度重建（蓝色－树木年轮，珊瑚，冰芯和历史记录）以及仪器记录（红色），并注明了北半球平滑后的曲线（黑色）和两个标准方差限度（灰色区域）。[根据图2.20]

多数地区的状况了解得较少。

*在上一个冰期和消冰期（在大约100000和10000年前）可能发生了大而迅速的年代际温度变化，特别在北半球高纬度地区。*在消冰期，一些地方局地温度增暖5−10℃可能出现在数十年的时段段里。在最近10000年，有迹象表明出现了明显快速的区域温度变化，这部分是由于气候的自然变率造成的。

B.2 观测到的降水和大气湿度变化

*自第2次评估报告以来，除东亚外北半球中高纬度陆地年降水量继续增加（很可能，0.5至1%／十年）。*在副热带地区(10°N 至 30°N)，平均而言陆地－地表降水下降（可能约为0.3%／十年），尽管已有信号显示近几年有恢复的迹象。热带陆地表面降水测量表明在20世纪降水可能增加了约0.2−0.3%／十年，但是过去几十年增加不是很明显， 10°N至10°S热带地区（相对海洋）的数值相对较小。不用说，降水直接测量和模式降水估算再分析都表明在热带海洋大部分地区降水都增加了。在某些有资料的地方和时段，径流的年变化与总降水的变化有着很好的联系。北半球中高纬度陆地降水的增加与总云量的长期增加有很强的相关性。与北半球相比，南半球就大范围纬度平均分布来讲可比较的系统性降水变化没

有被检测到。

*在北半球多数地区大气总水汽含量可能每十年增加了几个百分点。*利用固定地点地面观测以及卫星和天气气球得到的对流层低层测量结果，对某些选择地区以往25年时间里的水汽变化作了分析。尽管会存在资料的时间连续性偏差和趋势的区域变化，过去几十年大多数可靠的数据集资料表明总体的地面和对流层低层水汽增加情况出现。自有观测数据记录（1980年）以来，平流层低层水汽也可能每十年增加了约10%。

*北半球中－高纬度大陆地区总云量的变化表明20世纪开始以来云覆盖的可能增加约为2%，现在已证实这与同期温度的下降有正相关。*对于澳大利亚，南半球大陆唯一完成的分析也得到了类似的变化。副热带和热带陆地地区以及海洋上空的总云量变化尚不确定。

B.3 观测到的雪盖和陆－海冰范围变化

*雪盖和陆冰范围的减少与陆地表面温度的的升高有正相关关系。*卫星资料表明自20世纪60年代后期以来雪盖的范围很可能减少了约10%，北半球陆地温度的升高与雪盖的减少有很高的相关。现在有充足的证据支持高山和陆地冰川响应20世纪增暖引起的大量撤退。在一些海洋地区，由于区域大气环流的变化引起的降水增加掩盖了过去二十年温度的升高和冰川的重新推进。过去100到150年，地面观测表明在北半球中－高纬度每年湖冰、河冰持续时间很可能大约缩短了约2个星期。

*北半球海冰量减少了，但是南极海冰范围显著变化趋势不明显。*20世纪50年代以来北极春夏海冰范围缩小了10−15%，这与春季温度的升高和一定程度上高纬度夏季温度的升高都是一致的，在冬季温度升高的区域，北极海冰范围没有减少的征兆。相比较，1973年来南极温度和海冰范围的年代际变化没有明显的关系，在20世纪70年代中期稍微减少后，南极海冰范围保持稳定，甚至稍微增加了。

*新的数据表明在1958−1976年和20世纪90年代中期的夏末秋初北极海冰厚度有可能减少了40%，在冬季减少得更少。*相对短的数据记录长度和不完整的采样限制了对这些数据的解释，年际的变化和年代际的变化可能是影响这些变化的原因。

B.4 观测到的海平面变化

在仪器记录阶段的变化

根据潮汐测量数据，20世纪全球平均海平面的升高速度在1.0−2.0毫米／年范围内，中心值为1.5毫米／年（中心值不应该作为最好的估算值来解释）。（见注释栏2关于影响海平面的要素）如图6所示，最长（最多200到300年）的区域海平面仪器记录值来自潮汐测量，基于较少的长期潮汐测量数据，20世纪海平面上升的平均速度大于19世纪的速度。没有检测到20世纪明显的海平面加速升高现象。由于订正因子的可能影响和数据的有限，与模式结果并不吻合。

有仪器记录前的变化

*自最多大约20000年前上一次冰期以来，海平面的位置与现在的大不相同，由于大团冰原的消失，先前的冰原使海平面升高了120米以上。*在大团冰原转变为海洋时，也会导致垂直大陆运动，既有上升运动，也有下降运动。全球海平面最快的上升发生在15，000到6，000年前间，平均速度大约为10毫米／年。利用地质数据，海平面升降变化（如相应的海洋容量变化）在过去6，000年平均上升速度为0.5毫米／年，在过去3，000年速度达到了0.1−0.2毫米／年。这个速度大约为20世纪发生速度的1/10，在过去3，000−5，000年，全球海平面在100−1，000时间尺度的振荡没有超过0.3−0.5米。

B.5 观测到的大气和海洋环流结构的变化

*自20世纪70年代中期开始，ENSO的变化情况（见框4有关描述）与以前100年比有很大的不同，ENSO的暖位相比冷位相变得更频繁、持续和加强。*最近ENSO的变化影响了全球热带和副热带的降水和温度变化，这种影响可能已经对过去几十年全球温度的升高产生了一些影响。年代际间太平洋振荡和太平洋年代振荡与太平洋盆地年代际到几十年的气候变率有关，可能这些振荡调节着与ENSO有关的气候变率。

其它影响全球大部分区域的重要环流特征正在被确

框 2：什么引起海平面的变化？

海岸线的海平面变化决定于全球环境的诸多要素，它们在大范围的时间尺度上起作用，从数小时（潮水）到百万年（由于大地构造和沉积物引起的海盆变化），在几十年到几百年的时间尺度内，对平均海平面大的影响与气候和气候变化过程有关。

首先，海水变暖时，它就会膨胀。在海温观测和模式结果基础上，热膨胀被认为是引起历史上海平面变化的最主要原因之一，而且热膨胀也被认为是未来几百年海平面升高的最主要原因。但深海的温度变化较慢，因此即使大气温室气体浓度稳定了，热膨胀还将持续几百年。

海水增暖值和影响水深随区域而变化。而在给定的温度变化下，暖水的膨胀比冷水的大。由于热膨胀的地理差异、盐度、风场和海洋环流的变化，海平面变化也具有地理分布特点。与全球平均海平面升高相比，区域变化的程度很大。

当海洋中水的质量增加或减少时，海平面也会变化。当海水与存储在陆地的水进行交换时，这种现象就会发生。主要的陆地存储是冻结在冰川或冰原的水。事实上，上一次冰期造成海平面较低的主要原因是存储在北半球大陆冰原大量扩展引起水量的变化。热膨胀之后，山地冰川和冰盖的融化会对未来数百年的海平面升高造成较大的贡献。这些冰川和冰盖只占世界陆冰面积的百分之几，但是它们对气候变化的敏感程度比格陵兰和南极大的冰原大得多，这是由于在较冷的气候下，冰原具有较低的降水和融化率。因此，确信较大的冰原对未来几十年海平面的变化只具有较小的净贡献。

海平面也受到与气候变化不是明显有关的过程的影响。陆地水的存储（以及海平面）会因地上水的枯竭、水库建设、地表径流的变化以及由于水库和灌溉渗入深蓄水层而改变。这些因素都可能会影响到由于热膨胀和冰川融化引起的海平面上升程度。另外，河流三角洲地区海岸带的下沉也会影响区域海平面。由于自然地质过程引起的垂直大陆运动，如地幔的缓慢运动和地壳的大地构造移动会对局地海平面产生影响，这种影响与气候有关的影响差不多。最后，对季节的、年际的和年代际时间尺度，海平面的变化受到大气和海洋动力变化影响，最有力的一个例子就是厄尔尼诺事件。

定。北大西洋涛动（NAO）与大西洋和温带欧亚的西风急流强度有关。在冬季NAO表现出年际到几十年时间尺度的不规则振荡。20世纪70年代以来，冬季NAO经常处在促进强西风急流的位相，这与欧亚冷季的增暖有关。新的证据表明NAO和北极海冰的变化可能有很大关系，现在人们相信NAO是大尺度大气北极振荡的一部分，这种振荡影响着北半球温带的大部分地区。同样的南极振荡在过去15年处于一个加强的正位相，使南大洋上空有较强的西风急流。

B.6 观测到的气候变率和极端天气、气候事件变化

*新的分析表明，在一些总降水已经增加的地区，强的和极端的降水事件很可能有了很显著的增加。*相反的情况也是存在的。尽管如此，在某些地区，虽然总降水下降了或保持不变，但是强的和极端的事件（定义为在十个百分点之上或之下）却增加了，这要归因于降水事件频率的减少。总的来说，可能对中－高纬度，主要在北半球，统计上讲由强的和极端的降水事件引起的总的年降水量比例显著增加了，在20世纪后50年强的降水事件发生频率可能增加了2−4%。在20世纪（1900−1995年），全球大陆经历严重干旱和严重洪涝的地区相对有少量增加。在一些地区，如亚洲和非洲的部分地区，业已观测到干旱发生的频率和强度在最近几十年有所增加。在大部分地区，这些变化主要受年代际和几十年的气候变率控制，如ENSO向更暖事件转变。在许多地区，日间的温

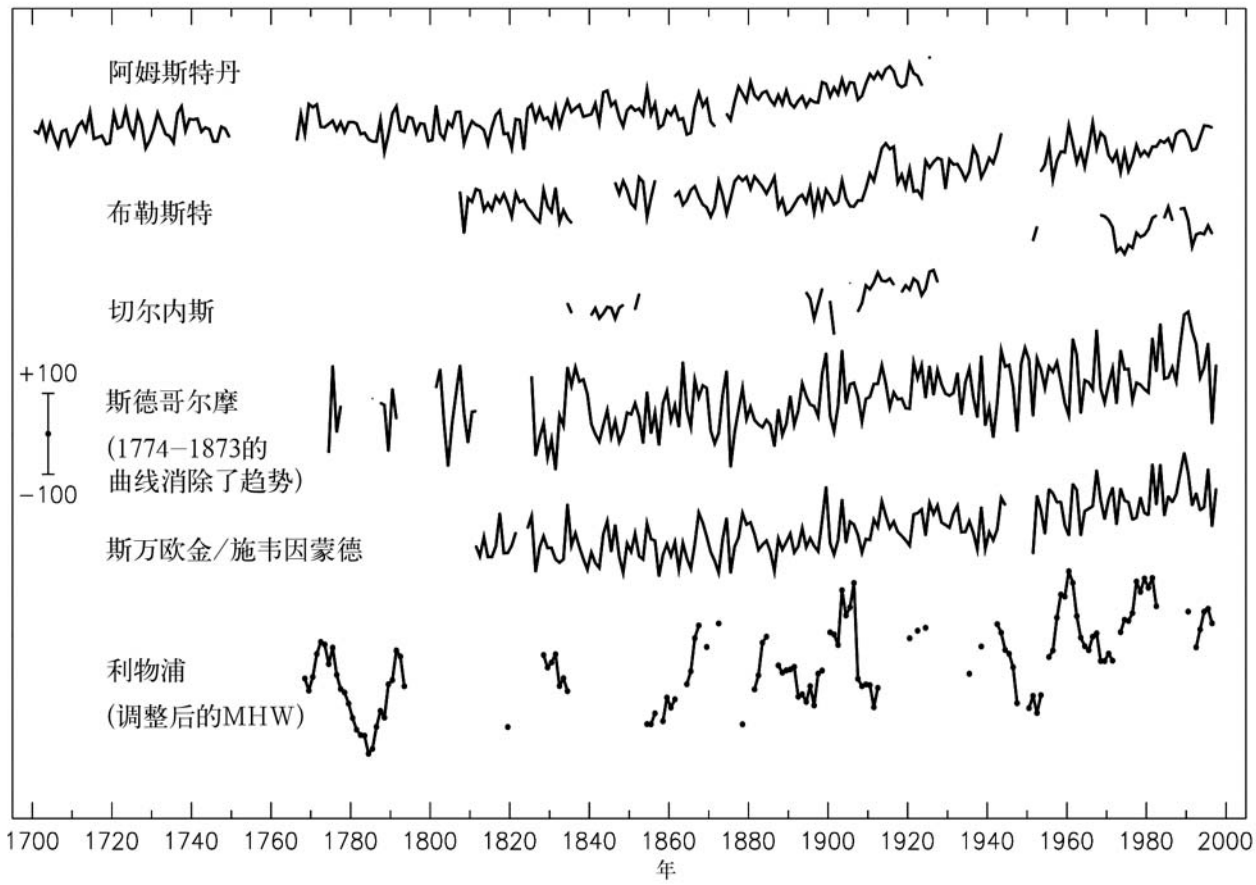


图6：利用北欧：荷兰的阿姆斯特丹、法国的布勒斯特、英国的切尔内斯、瑞典的斯德哥尔摩（在1774–1873年的曲线消除了趋势，以去除冰后期反弹的一级贡献），波兰的斯万欧金（前德国Swinemunde）以及英国的利物浦资料。利物浦资料是“调整过的平均高水”资料而不是平均海平面资料，其中有一段间隔期（18.6年），刻度指示为± 100毫米。[根据图11.7]

度差别减少了，而日最低温度的升高使大部分中－高纬度地区无霜期加长。自1950年以来，全球许多地区低于正常的季节平均温度的频率很可能显著减少了，但是高于正常的季节温度频率稍有增加。

*没有令人信服的证据表明热带和温带风暴的特征已经变化了。*热带风暴强度和频率的变化主要受年代际到几十年变化的控制，这个可能是明显的，如在热带北大西洋。由于数据的不完整、分析的局限和矛盾，尚无法确定北半球温带气旋的强度和频率有长期的和大规模的增加，过去几十年里在北太平洋、北美部分地区和欧洲区域性的增加已经得到了证实。在南半球，少量的分析业已完成，它们表明自20世纪70年代以来温带气旋活动减少了。对一些选定地区局地灾害性天气变化（如龙卷、雷暴日数和冰雹）的最新分析没有提供长期变化方面有说服力的证据。一般而言，由于相对少的发生几率和大的空间变化，灾害性天气事件趋势的检测是极其困难的。

B.7 整体图象：一个变暖的世界和气候系统的其它变化

正如上面总结的，气候的全面变化已有很多资料证明，尤其是最近几十年到一百年的时间阶段，此时间段里有不断增加的直接测量。图7展示了温度指标（图7a）和水文及暴雨指数（图7b）的变化趋势，并且提供了关于这些变化确定性的说明。

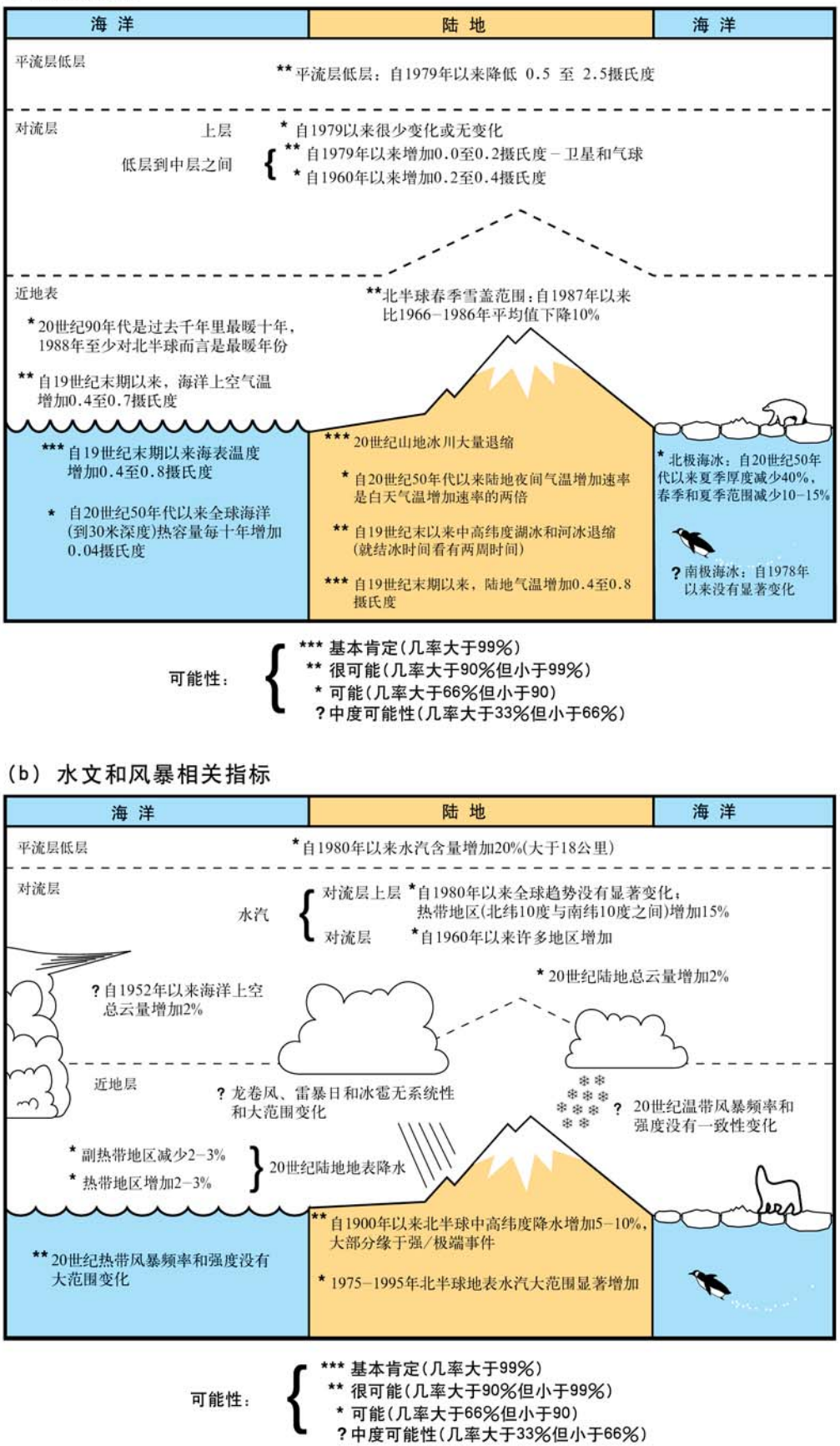


图 7：a)气温指标变化观测框架。[根据图2.39a];b) 水文和与风暴有关的指标变化观测框架。[根据图2.39b]

综上所述，些趋势描绘出一幅全球变暖的整体图像。

- 人们分别完成了对陆地和海洋表面温度的观测及其校正工作（海温估计采用了两种完全不相关的方法）。所有数据均显示出全球一致的升温趋势，其中包括两段全球性主要变暖期：从1910年至1945年和从1976年至今。这些数据还显示出全球陆表升温速度快于海洋表面的趋势。
- 气球观测结果显示自1958年以来对流层低层温度一直在长，尽管自1979年以来仅有微弱增长。1979年之后，有气象卫星数据，它的分析结果显示出与气球相似的趋势。
- 陆地日较差变化范围变小与云量和降水量的增多以及水汽总量的增加相一致。
- 几乎全球范围的山地冰川范围和陆地冰量的减少与全球地表温度的增加相一致。但最近在沿海地区也有少数少数例外，这些例外与大气环流异常以及相关的降水增加相符合。
- 雪盖的减少以及湖、河冰期的缩短与北半球地表温度的增加密切相关。
- 北极春夏季海冰总量和厚度的系统少与其邻近地区陆地和海洋的温度升高相一致。
- 海洋热容量在增加，全球平均海平面在上升。
- 从定性的角度来说，过去25年对流层水汽总量的增加与对流层温度的升高和水圈循环的加强相一致。这就导致了许多地区更多的极端的和强的降水事件以及降水量增加，如在北半球中高纬度地区。

气候在一些重要方面还没有显示出变化的迹象。

- 地球上有些地区主要是南半球的某些海域和南极洲的部分地区，在最近几十年内并没有变暖。
- 自有系统的卫星观测后(1978年以来)，南极洲海冰的范围没有出现重大的变化趋势。
- 基于有限的数据，在过去的半个世纪里所观测到的热带和副热带气旋和局地强风暴没有出现明显的异常趋势，尽管有时几十年的震荡周期比较明显。

各种选用指标的变化和趋势表明，在过去的20世纪里全球地表温度有普遍的增加趋势，尽管在短时期内和某些区域可能存在偏差，但这是基本肯定的。

C．引起气候变化的强迫因子

除了地球气候过去的变异与变化之外，许多观测还记载了一些可以引起气候变化的因子的变动。其中最瞩目的就是大气温室气体和气溶胶(微小气粒或液粒)浓度的增加以及太阳活动的变化，它们能够改变地球辐射收支平衡，进而改变气候。这些气候强迫因子的观测记录是了解上节所记述的过去气候变化输入信息的一部分，十分重要的是预测未来气候的变化(参见章节F)。

正如过去气候变化的记录一样，强迫因子的观测数据在记录长度和质量上也是参差不齐。太阳辐射的直接观测只有大约20年的历史。持续性的大气二氧化碳浓度的直接监测大约从20世纪中叶开始。其它长寿命的气体。例如甲烷，监测开始得就更晚。从冰芯所得远古大气数据可以揭示出一些温室气体浓度上百万年的变化。相反地，那些大气中短寿命的强迫因子(例如气溶胶)的时间序列观测是最近才开始的，且远不完整，因为它们比较难于观测，且空间分布变化较大。目前的数据已显示出人类活动在过去的一百万年后期既对长寿命的温室气体浓度有影响，也对短寿命的强迫因子有影响。图8显示出工业革命期间人为排放所导致的温室气体和二氧化硫(气溶胶的前体物)大幅度增加的结果。

由于这些强迫因子变化而造成的全球地气系统能量的变化可用一个术语来表示，那就是气候系统的辐射强迫(Wm^{-2}) (参见框1)。按这种方式定义，气候变化的辐射强迫就是一个指数，它代表的是由于自然和人为原因对地面－对流层系统所造成的基于全球平均水平的相对影响。本节阐述了自工业革命前至今的气候变化辐射强迫的最新进展。图9给出了自工业革命开始(1750年)至1999年辐射强迫的估计值，其中包括自然定量的和人为引起的辐射强迫两部分。尽管由于火山爆发的不连续性而在图中没有考虑其影响。但火山爆发的确是另一个重要的自然强迫因子。在本节下面的各小节中将对强迫因子进行逐一综述。

图9中所示的强迫因子在其形式、数量和空间分布上变化都很大。有一些温室气体是直接被排放到大气中，另一些则是排放到大气中的化学物质通过化学过程而产生。有一些温室气体在大气中具有较长的寿命，所以它们在大气中均匀混合，而另一些寿命较短，其浓度空间变化很

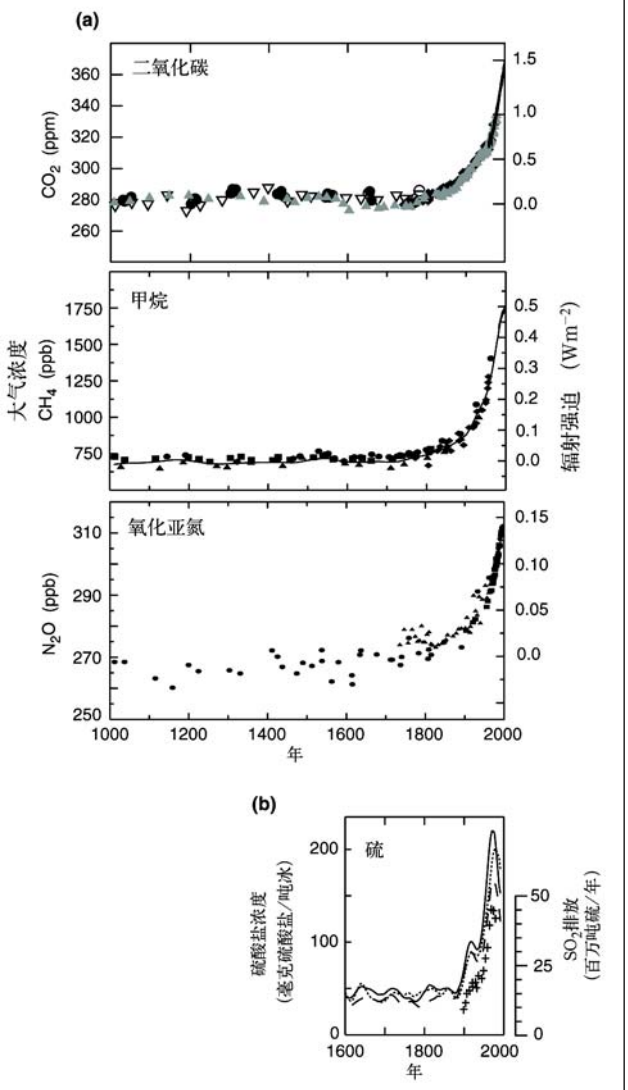


图 8：大气组成变化的记录(a)在过去 1,000 年中大气 CO_2, CH_4 和 N_2O 浓度。这些记录来自于过去几十年的大气直接采样数据(图中直线表示 CO_2，而曲线表示全球平均 CH_4)和取自南极和格陵兰岛的多个样点的冰芯和积雪资料(用不同的符号表示)。右侧坐标刻度表示这些气体的辐射强迫估计值。(b)由于火山爆发影响而存留于格陵兰岛若干冰芯中硫酸盐浓度(直线)和美国与欧洲的 SO_2排放总量(十字符号)。[根据图3.2b (CO_2)，图4.1a和b(CH_4)以及图 4.2 (N_2O) 和 (b)图 5.4a]

大。大多数气体既有自然源，又有人为源。最后，如图 9 所示，各个因子的辐射强迫既可以是正效应(使得地球表面增温)，也可以是负效应(使得地球表面降温)。

C.1 观测到的全球均匀混合的温室气体浓度及其辐射强迫变化

在工业革命之前的一千年里，大气中温室气体的浓度保持相对稳定。然而，自工业革命以来，由于人类活动的直接或间接影响，许多温室气体的浓度都明显增加。

表 1 列出了几种重要的温室气体，并综合了它们在 1750年和1998年的浓度，1990−1999年期间浓度的变化，和它们在大气中的存留时间。一种成份对气候变化辐射强迫的贡献，取决于该气体的分子辐射特性，大气中浓度增加量，以及释放后在大气中的存留时间等。*温室气体在大气中的存留时间是与政策密切相关的参数。也就是说，在自然过程把排放到大气中的温室气体清除掉之前，具有长寿命的温室气体在大气中存留至少几十年，几百年，甚至几千年，在此期间它们都对维持大气辐射强迫具有准不可逆的贡献。*

二氧化碳 (CO_2)

*大气二氧化碳的浓度从 1750 年的 280ppm[5] 增加到 1999 年的 367ppm(增加 31%，见表 1)。今天大气中二氧化碳的浓度在过去42万年没有被超过，甚至在过去2000万年也没有被超过。过去一个世纪的增长率几乎是史无前例的，至少在过去的2万年期间是这样的(参见图 10)。*二氧化碳的同位素组成和观测到的大气氧气的减少，表明大气二氧化碳的增加主要由于化石燃料燃烧以及森林破坏过程中有机碳的氧化所致。来自于数十万年前冰芯气泡中远古时代大气数据为工业革命时期二氧化碳浓度增加提供了依据(图10)。与早先几千年间相对不变的大气二氧化碳浓度(280 ± 10ppm)相比，工业革命期间这种增加非常引人注目。自 1980 年以来，平均增加速率是 0.4%/年。这种增加来源于二氧化碳排放的增加。过去 20 年的主要排放来自化石燃料的燃烧，剩下的(10−30%)主要由于土地使用的变化，其中特别是森林砍伐。从图 9 中可以看出，二氧化碳是最主要的受人类活动影响的温室气体。它目前的辐射强迫是 1.46Wm^{-2}，占全球长寿命且均匀混合温室气体浓度变化引起的辐射强迫的 60%。

[5] 本文中微量气体的大气浓度以该气体相对于干空气的摩尔比例(摩尔混合比)来表示 (ppm = 10^{-6}, ppb = 10^{-9}, ppt = 10^{-12})。大气总量表示大气中该气体总的质量 (如，Mt = Tg = 10^{12} g)。全球碳循环中碳的质量单位是 PgC = GtC。

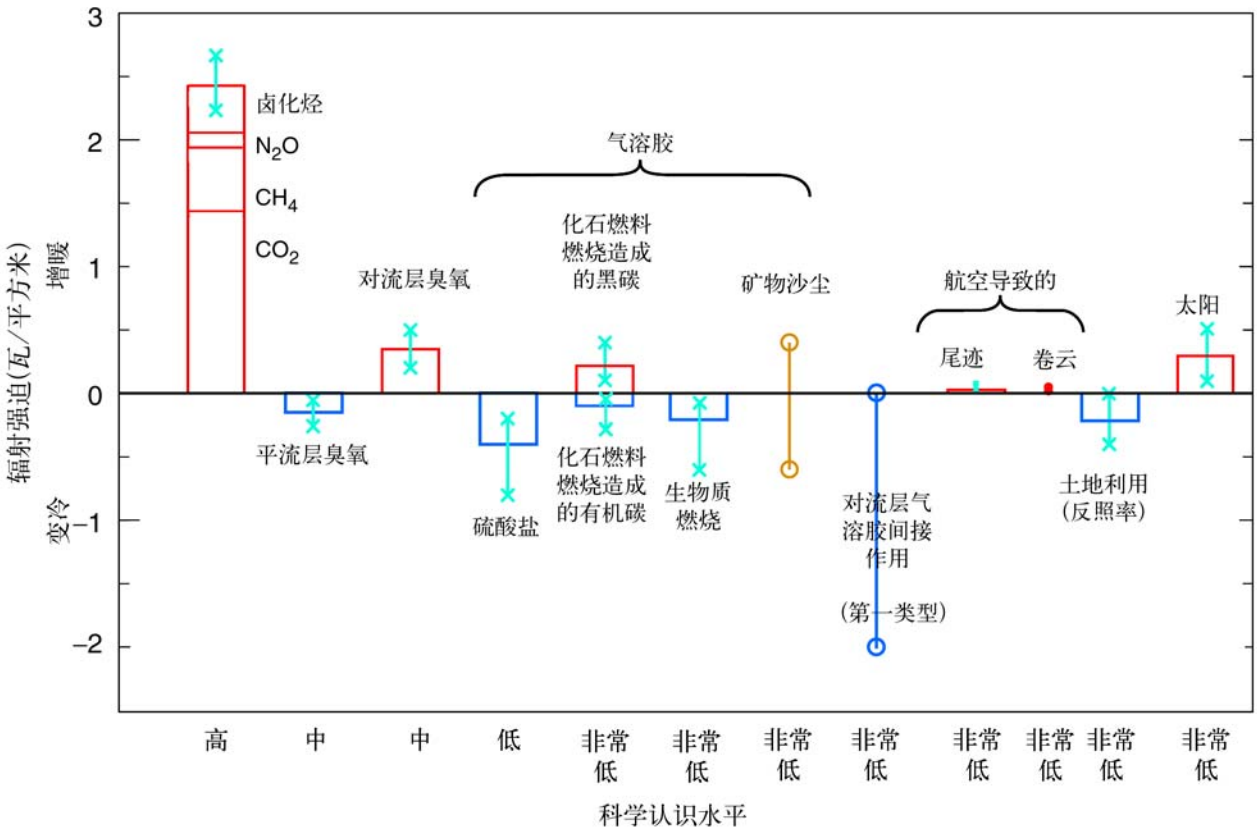


图 9：从工业革命前(1750 年)至今(20 世纪 90 年代后期；大约 2000 年)这一时期内多个因子的全球年平均辐射强迫(Wm^{-2})（数值也列于第六章的表 6.11)。详细说明参见第六章的 6.13。矩形框的高度表示中间值或最佳估计值，无矩形框的表示没有最佳估计值。矩形框上垂直线带有“x”分隔符的代表不确定性范围的估计，大部分业已发表的强迫值都在此范围内。没有矩形框的垂直线带有“o”分隔符的代表由于不确定性范围很大而不可能给出估计中间值。此处的不确定性范围没有统计基础，因此与本报告其它地方相同的术语有所区别。科学理解水平这一指数是根据人们对各种辐射强迫的了解而定的，有高，中，低和很低情形。它代表了人们对强迫估计的可靠性的主观判断，例如，对计算强迫有关的某些必要因子的假设，对决定强迫的物理／化学机制的了解，以及对强迫进行定量估计的不确定性的认识(参见表 6.12)。均匀混合的温室气体(如 CO_2，CH_4，N_2O 和 CFC)(见表 6.1 和 6.11)的各自平均贡献归并一个单矩形条框表示。化石燃料燃烧则根据人们对它们各自的最佳了解程度和范围被区分为黑碳和有机碳两种。矿物灰尘带来辐射强迫影响的符号至今仍不能确定。人们对对流层气溶胶，飞机尾迹，以及卷云的间接强迫影响的了解仍十分有限。本文中只考虑了把对流层气溶胶当作液态云滴所带来的第一种间接影响。飞机尾迹，以及卷云的第二种间接辐射影响概念上很重要，但在定量估计上仍存在较大困难。与火山爆发有关的平流层气溶胶在其影响时间内所产生的强迫变化很大，本处不予考虑(但参见图 6.8)。所有的强迫都有明显的空间分布和季节变化的特征（图 6.7)，所以全球年平均等概念在此处不能给出辐射扰动的完整图像。它们只是相对地给出全球年平均范围内第一层次的描述，而不能当作是对总的自然和／或人为强迫的气候响应。如第二次评估报告中强调，全球平均的辐射强迫的正负效应不能简单地相加，也不能完全基于全球气候影响这样的出发点就把辐射强迫的正负效应作为一个优先事项。[根据图 6.6]

*过去40年大气二氧化碳浓度的直接观测表明二氧化碳浓度增长速率的年际变化很大。20世纪90年代年增长率从0.9变化到2.8 ppm／年，相当于1.9到6.0 PgC／年。*这种年际变化统计上与短期气候变率有关，这种短期气候变率改变了海洋和陆地对大气二氧化碳吸收和排放的速率。大气二氧化碳增加的最快的时候通常是在强厄尔尼诺年（框4)。这些较高速率的增加似乎可以解释成厄尔尼诺年期间陆地吸收二氧化碳量的减少，相应抑制

表1：例举几种受人类活动影响的温室气体。[根据第三章和表4.1]

	CO_2 (二氧化碳)	CH_4 (甲烷)	N_2O (氧化亚氮)	CFC－11 (氟利昂－11)	HFC－23 (Hydrofluoro－carbon－23)	CF_4 (Perfluoro－methane)
工业革命前浓度	约280ppm	约700ppb	约270ppb	0	0	40ppt
1998年浓度	365ppm	1745ppb	314ppb	268ppt	14ppt	80ppt
浓度变化比[b]	1.5ppm／年[a]	7.0ppb／年[a]	0.8ppb／年	－1.4ppt／年	0.55ppt／年	1ppt／年
大气寿命	5至200年[c]	12年[d]	114年[d]	45年	260年	>50,000年

[a] 在1990－1999年期间，二氧化碳的速率在0.9ppm／年－2.8ppm／年之间变化，甲烷的速率在0－13ppb／年之间变化。
[b] 只计算1990－1999期间的速率。
[c] 二氧化碳的生命期长短不一，这是由于不同的清除过程其更新速率不同。
[d] 生命期曾被定义为“调节时间”，那是考虑了气体存留的间接影响。

表2：根据大气二氧化碳和氧气测量所得全球二氧化碳收支(PgC／年)。正值表示向大气中释放，负值表示从大气中吸收。[根据表3.1和3.3]

	第二次评估报告[a,b]	此次报告[a]	
	1980至1989	1980至1989	1990至1999
大气中碳的净增加	3.3 ± 0.1	3.3 ± 0.1	3.2 ± 0.1
碳排放(化石燃料，水泥)[c]	5.5 ± 0.3	5.4 ± 0.3	6.3 ± 0.4
海洋－大气通量	−2.0 ± 0.5	−1.9 ± 0.6	−1.7 ± 0.5
陆地－大气通量[d]	−0.2 ± 0.6	−0.2 ± 0.7	−1.4 ± 0.7

[a] 注意表中不确定性标准差范围在±1之间。第二次评估报告(SAP)中的不确定性标准误差范围为±1.6(大约90%可信度)，本报告中把它调整到±1之间。准误差范围表示的是不确定性，不是年际变化，事实上它的量值大得多。
[b] 以往IPCC碳收支是根据模式中海洋的吸收以及陆地－大气系统通量之差所得。
[c] 20世纪80年代化石燃料的排放自第二次评估报告(SAP)之后作了适当的向下调整。
[d] 陆地－大气通量表示由于土地利用变化量与剩余陆地汇的差。这两项在目前大气测量中不能被分开。通过不同分析估计1980至1989年土地利用变化，剩余陆地汇，可用如下方法推出：土地利用变化1.7PgC／年(0.6至2.5)； 剩余陆地汇－1.9PgC／年(3.8至0.3)。90年代以后的数据暂时没有。

了海洋比平常吸收更多的二氧化碳的趋势。

*现在，人们可以根据大气观测计算过去20年来人为产生的二氧化碳在大气中的增加与在陆地和海洋的吸收之间的分布比例。*表2给出的是20世纪80年代(与SAP在有海洋模式帮助情况下得到的结果相似)和20世纪90年代的全球二氧化碳收支。观测到的大气氧气的减少和二氧化碳的增加被用来建立这种收支。这项研究与其它分析结果相似(如对大气二氧化碳同位素组成的分析，以及对海水中CO_2和$^{13}CO_2$的不同测量等)。20世纪90年代收支建立在新的观测数据基础上，重新估计1989至1998年收支这是用SAP中的方法，并反映在IPCC《土地利用、土地利用变化和林业特别报告》中(2000)。陆地生物圈作为一个整体在20世纪80年代和90年代是碳汇，即

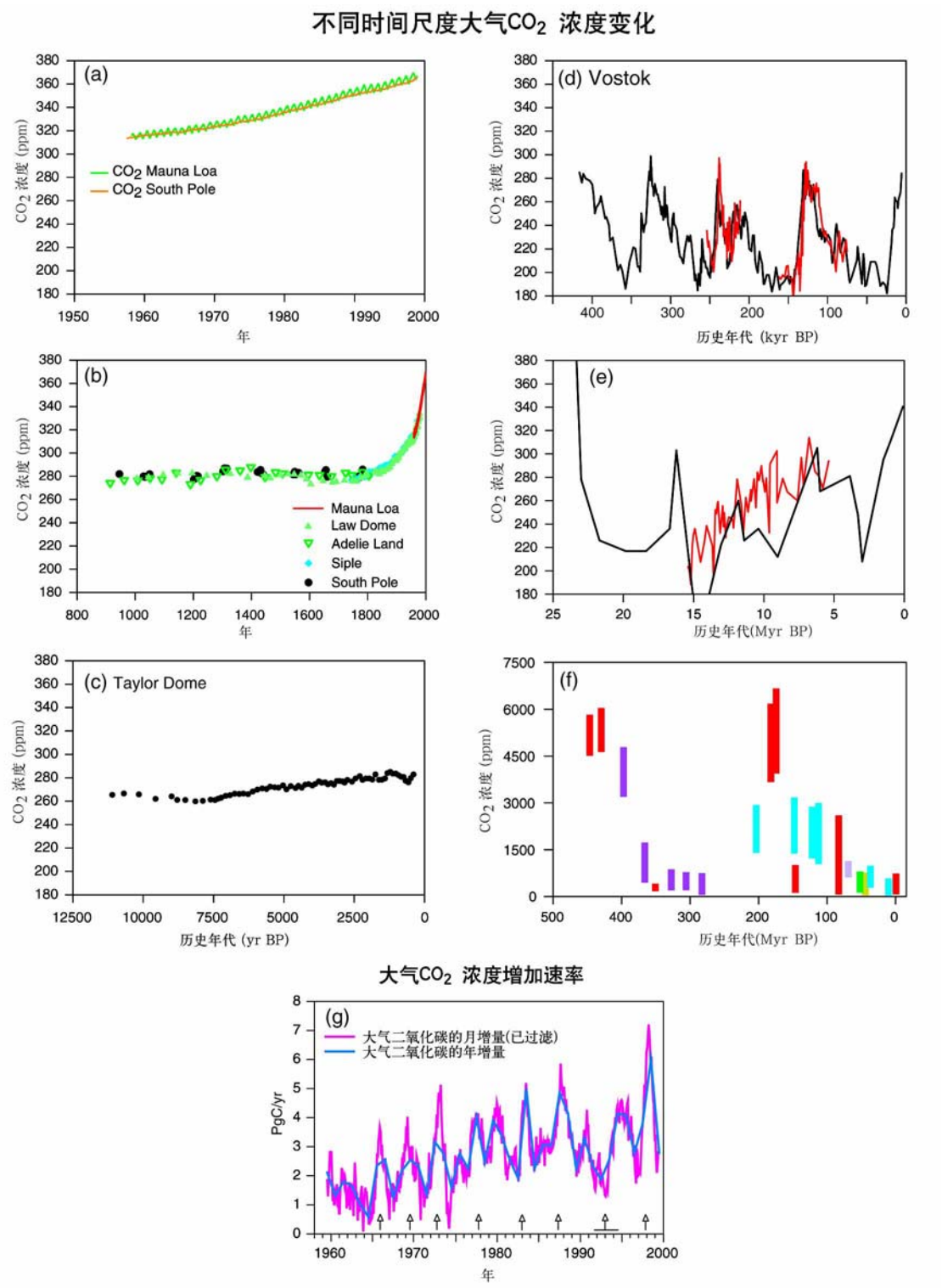


图 10：大气 CO_2 浓度在不同时间尺度上的变化。(a) 大气 CO_2 浓度的直接观测。(b) 过去一千年南极冰芯所得大气 CO_2 浓度 CO_2，为比较也给出近期的大气观测(Mauna Loa)的结果。(c) Taylor Dome 南极冰芯中 CO_2 浓度。(d) Vostok 南极冰芯中 CO_2 浓度。(颜色代表不同的研究)。(e 至 f) 根据地球化学循环理论推导的 CO_2 浓度。(彩条和线代表不同的研究)。(g) 大气 CO_2 浓度的年增量。剔除季节循环的大气 CO_2 浓度的月增量。垂直箭头表示厄尔尼诺事件，水平线表示 1991–1994 的加强的厄尔尼诺事件。[根据图 3.2 和 3.3]

是说，土地利用变化(主要是森林砍伐)释放的二氧化碳将完全被其它陆地汇所抵消，这主要发生在热带地区和北半球副热带地区。估计土地利用变化而引起的二氧化碳的释放仍存在很大的不确定性（同样，剩余陆地汇的大小也是这样）。

*基于过程的模拟研究（陆地和海洋碳循环模式）使全球碳循环机制有了初步的量化认识。*陆地模式结果显示二氧化碳高浓度（CO_2施肥作用）将促进植物的生长，人为氮沉降过程对二氧化碳的吸收有重要作用，和其它机制一起，如土地管理的变化，有可能是造成上述陆地剩余碳汇的原因。模拟出的20世纪80年代气候变化对陆地汇的影响较小，并有不确定性。

甲烷(CH_4)

*甲烷(CH_4)浓度自1750年以来增加了150%(1060ppb)，但过去42万年里目前的甲烷浓度没有被超过。*甲烷（CH_4）是一种温室气体，它既有自然源(如湿地)，也有人为源(如农业，天然气开发，废弃物等)。大气中目前大约一半稍多的甲烷排放来自人为源。它们通过化学反应从大气中清除。如图11所示，自1983年以来大气甲烷浓度全球有代表性的系统观测业已开展。人们还从冰芯和岩石层中获得样品，从而推算出很久以前的大气中甲烷的浓度。目前甲烷的直接辐射强迫是0.48Wm^{-2},大约是全球长寿命且均匀混合气体贡献总量的20%(参见图9)。

*大气甲烷含量持续增加，从1983年的1610 ppb 到1998年的1745 ppb，但观测到的年增加率在这期间却在减少。*年增加率在20世纪90年代变化很大，其中，1992年几乎为零，1998年为13ppb。目前对这种变化没有明确的定量解释。自从SAR以来，人们对某些甲烷的人为源，例如水稻田，有了更精确的研究。

*大气甲烷浓度增加速率是根据没有完全了解清楚的源和汇之间很小偏差计算得到的，这使得人们对未来大气甲烷浓度的预测变得困难。*虽然影响全球甲烷收支的主要因素已经被识别，但从定量的角度看它们大部分还是相当不确定的，因为估计多变的生物源排放率十分困难。对甲烷的源强的定量和定性的了解的有限限制了人们根据任何给定的人为排放情景对未来大气甲烷浓度的预测(也相应地限制了辐射强迫贡献的预测)，特别是因为甲烷的自然排放和清除相当大地受气候变化的影响。

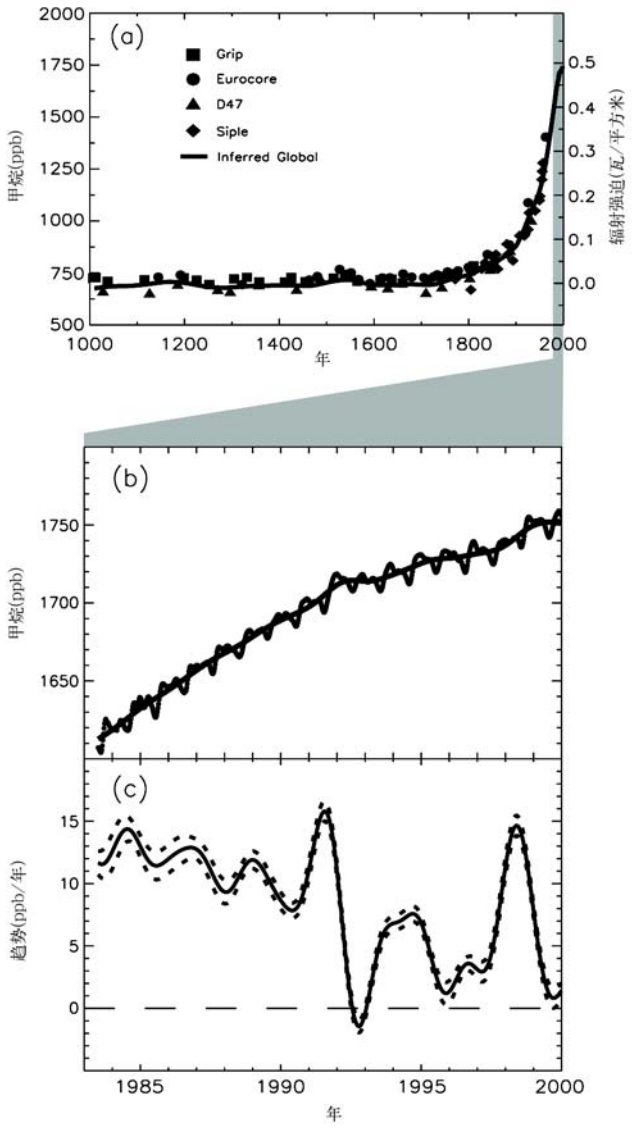


图11：（a）由冰芯、积雪和整体空气样品画出过去1000年内CH_4浓度变化(摩尔比，按 ppb=10^{-9})。在右坐标轴上显示出自工业革命以来辐射强迫几乎是线性增加。(b)1983–1999年全球平均CH_4浓度的月平均（逐月变化）和季节平均（光滑线）。(c)从1983年至1999年全球大气甲烷浓度年增长速率。其计算是根据上述季节变化趋势曲线推导而得。不确定性为±1个标准偏差。[根据图4.1]

氧化亚氮(N_2O)

氧化亚氮（N_2O）的大气浓度自工业革命以来稳步增长，目前比1750年增加16%(46ppb)。但目前其浓度在至少过去一千年里是最大的。氧化亚氮是一种既有自然源又有人为源的另一种温室气体。它在大气中主要通过化学反应清除。大气中氧化亚氮的增加速率持续在0.25%/年（1980至1998年）。业已观测到氧化亚氮浓度增加有明显的年际变化，例如从1991到1993年间年增长率减少50%。可能的原因有：与氮有关的肥料使用的减少；生物源排放的减小：由于火山爆发引起大气环流的变化所带来的大范围平流层的消失等等。自1993年以来，氧化亚氮浓度的增加速率恢复到20世纪80年代的观测值。这种观测到的多年变化周期对我们了解控制大气氧化亚氮的过程有所帮助。至今，我们仍不能解释这种温室气体多年变化趋势。

与SAR相比，氧化亚氮的全球收支处于较好的平衡状态，但单个源排放的不确定性仍然很大。氧化亚氮自然源的排放估计大约是10 TgN/年（1990年），其中土壤贡献大约65%，海洋贡献大约30%。现在，新的、估计更高的人为源(如农业，生物质燃烧，工业活动以及牲畜管理)排放大约为7 TgN/年，与SAR相比，这使源与汇估计趋于平衡。然而，自SAR以来，对这种长寿命的重要温室气体的可预测性认识并没有明显的改进。它对辐射强迫的贡献大约是0.15Wm^{-2}，是长寿命且全球均匀分布温室气体总量的6%(参见图9)。

卤化碳及其有关化合物

这些气体既能使得臭氧消失又对温室效应有贡献，自蒙特利尔议定书及其修正案限制它们的排放以来，它们在大气中的浓度有的在减少（如CFC-11，CFC-113，CH_3CCl_3 和 CCl_4），有的在缓慢增加（如CFC-12）。许多卤化碳还是有辐射活性而且长寿命的温室气体。卤化碳是由碳和氟，氯，溴，碘等合成的化合物。人类活动是这些化合物大部分唯一的源。含有氯的卤化碳（如氟里昂-CFC）和含有溴的卤化碳（如哈龙）对平流层臭氧有耗损破坏作用，在蒙特利尔议定书中受到控制。在1994年对流层中臭氧消耗气体总量达到极大值，随后逐渐减小。一些重要的卤化碳在大气中的含量已经达到峰值，参见有关CFC-11的图12。对流层中CFC和卤化碳的浓度与报告的排放相一致。卤化碳对辐射强迫的贡献是0.34Wm^{-2}，这是全球均匀混合温室气体贡献的14%。(图9)

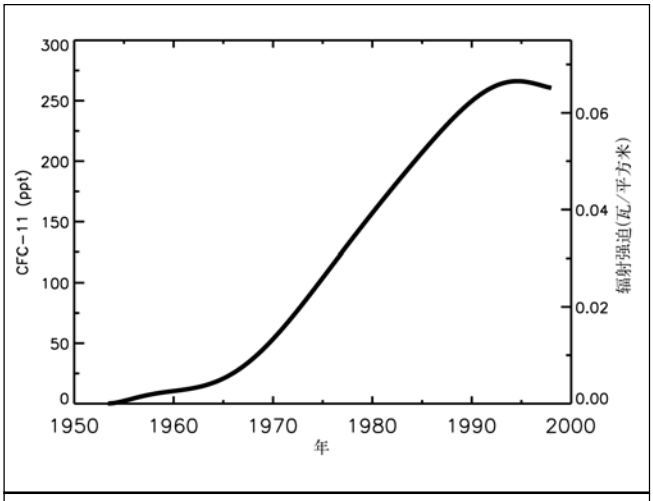


图12：根据平滑后的观测值和排放模式得出的1950-1998年的全球平均CFC-11（$CFCl_3$)的对流层浓度（ppt)。右侧坐标轴表示CFC-11的辐射强迫。[根据图4.6]

观测表明，CFC替代品的大气浓度正在增加，许多这些替代品都是温室气体。HCFC和HFC含量的增加来源于它们早期的持续使用以及作为CFC替代品的使用。例如，HFC-23的浓度在1978至1995年期间增加了2倍。因为目前的浓度相对较低，HFC对辐射强迫的贡献还相对较小。HCFC对辐射强迫的贡献也很小。所有这些气体未来的排放都受到蒙特利尔议定书的限制。

PFC（如CF_4和C_2F_6）和SF_6也是人为产生，它们大气寿命非常长，对红外辐射有强吸收。所以这些化合物虽然它们的排放量较小，但对未来气候的影响很大。CF_4在大气中可以至少存留50000年。它有自然源，但目前的人为排放是自然源的1000倍多，并是观测到的浓度增加的主要原因。在每千克单位基础上，一个SF_6分子的温室效应是CO_2分子的22200倍。虽然它目前的大气浓度较低(4.2ppt)，但它的增长速率明显(0.24 ppt/年)。观测到的SF_6增长率与根据销售和储存数据而计算所得的排放十分一致。

C.2 其它重要辐射强迫气体变化的观测

大气臭氧(O_3)

*臭氧是平流层和对流层中都很重要的温室气体。*它在大气辐射收支平衡中的作用强烈地依赖于高度分布，因为它的浓度随着高度的变化而变化。而且它的浓度的空间分布变化也很大。大气中臭氧不是直接释放成份，它是在大气中通过光化反应而产生的，这些光化反应与自然产生以及同人类活动密切相关的前体物有关。一旦形成，大气中臭氧的存留时间相对来说较短，通常从几周到几月。所以，估计臭氧辐射作用非常复杂，比以上全球均匀分布的长寿命温室气体不确定性大得多。

*观测到的过去20年间平流层臭氧的减少引起了地面－对流层系统0.15 ± 0.1 Wm^{-2}的负辐射强迫(即起致冷作用)。*IPCC1992气候变化科学评估补充报告指出，人为卤化碳引起的臭氧层破坏将带来负的辐射强迫。图9中显示出其估计大小比SAP结果略大，因为过去5年里臭氧层的破坏在继续，同时根据许多模式研究结果这是比较确定的。大气环流模式研究表明，尽管臭氧消失各地存在差异(例如高纬度低平流层)，这种负辐射强迫的大小与地面温度减少的大小成正比。所以，过去20年这一负辐射强迫部分抵消了长寿命且均匀混合气体增加带来的正辐射强迫(图9)。估计负辐射强迫的不确定性来源于对对流层顶附近臭氧耗损机制认识的不够。模式计算指出，平流层臭氧的减少将使得紫外辐射穿透到更低的对流层，从而增加某些气体(如甲烷)的清除速率，进而放大臭氧减少带来的负辐射强迫。由于蒙特利尔议定书的作用，未来几十年臭氧层将逐渐恢复，与目前相比，未来与平流层臭氧相关的辐射强迫可能变为正值。

*自工业革命以来由于对流层臭氧增加引起的全球平均辐射强迫估计在人为源温室气体强迫基础上增加了0.35 ± 0.2Wm^{-2}，*这使得对流层臭氧成为继二氧化碳和甲烷之后第三种重要的温室气体。臭氧是在大气中通过光化学反应而产生，而其未来的变化除其它因素外决定于甲烷以及其它污染物的排放(参见下文)。臭氧浓度对污染物排放变化的响应很快。在有限的观测结果和几个模式研究的基础上，对流层臭氧被认为自工业革命以来增加了大约35%，其中有些区域增加较多，有些区域增加较少。自20世纪80年代中叶以来，对几个有常规测量的背景站点，多数观测表明对流层臭氧的浓度没有增加。这种情况在北美洲和欧洲可以解释为这些大陆的臭氧前体物排放量的减少。然而，对亚洲某些站点，观测表明对流层臭氧可能在增加，这可能与东亚排放量的增加有关。目前的模式研究越来越多，对对流层臭氧的辐射强迫的估计的可信度也越来越大。然而，跟均匀混合的温室气体的研究相比，仍比上不足，但与气溶胶的研究相比，却比小有余。对工业革命之前的大气臭氧分布的了解不够以及对当代（即1960年之后）模拟全球趋势的认识不足是不确定性的主要来源。

只有间接辐射影响的气体

几种化学活性气体，包括活性氮族成份(NO_x)，一氧化碳(CO)，以及挥发性有机化合物（VOC），它们在对流层的氧化能力上起着部分的作用，因此对大气臭氧的分布有重要影响。这些污染物不仅通过影响臭氧而成为间接温室气体，还影响甲烷及其它温室气体的大气寿命。氮氧化物(NO_x)和一氧化碳的源主要是人类活动。

*一氧化碳可确认是重要的间接温室气体。*模式计算表明，100Mt一氧化碳的排放的间接影响与5 Mt甲烷排放的直接影响相当。北半球一氧化碳的总量大约是南半球的一倍，它主要是在20世纪后半叶由于工业化和人口增加所致。

活性氮族NO和NO_2(合称NO_x)是对流层中最重要的化学成份，但是它们总的辐射影响很难评估。NO_x对辐射收支平衡的影响来自于它的增加将影响其它几种重要的温室气体的浓度，例如，甲烷及HFC的减少和对流层臭氧的增加。NO_x化学反应生成物的沉降对生物圈有施肥作用，从而对减少大气二氧化碳有一定贡献。虽然人们很难定量描述，但预计未来2100年NO_x的增加将引起的其它温室气体的显著变化。

C.3 气溶胶变化的观测和模拟

气溶胶(非常小的气粒或液滴)对地气系统的辐射收支有重要影响。气溶胶的辐射效应主要在两个不同方面，其一，直接影响，气溶胶本身散射和吸收太阳辐射以及红外热辐射；其二，间接影响，气溶胶改变云的微物理特性，进而对云量的大小和云的辐射特性有所影响。气溶胶是由不同的过程产生的，其中包括自然过程(例如沙尘暴，火山爆发)和人为过程(例如化石燃料及生物质燃烧)。

大气中对流层气溶胶的浓度在最近几年由于人类活动的排放(既有气溶胶本身的排放,也有其前体物的排放)而有所增加，从而使得辐射强迫增加。大多数气溶胶存留在低对流层(几公里以下),但许多气溶胶的辐射特性对垂直分布非常敏感。气溶胶在大气中参与物理和化学反应,特别是在云中。它们主要是在降雨过程中迅速被清除(一周之内)。因为气溶胶的短寿命以及源的不均匀分布，它们在对流层的分布很不均匀，其中极大值都在源附近。气溶胶的辐射强迫不仅依赖于它们的空间分布，而且依赖于它们的粒子大小，形状，化学组成以及水循环中的其它因子(如云的形成)。从观测试验和理论的角度看,考虑所有的因子，给出气溶胶辐射强迫的精确估计十分具有挑战性。

*然而，人们在准确定义许多不同气溶胶直接作用方面取得了显著进展。*SAP考虑了三种人为气溶胶成份:硫酸盐气溶胶，生物质燃烧气溶胶以及化石燃料燃烧产生的黑碳(烟灰)。观测表明,化石燃料燃烧和生物质燃烧产生的有机物气溶胶十分重要。自SAP以来，考虑与工业气溶胶有关的化石燃料有机碳气溶胶增加将带来总的光学厚度的增加(随之而来的负辐射强迫)。目前人们可以通过观测和用气溶胶辐射模式对这些成份分开进行定量估计,以及对矿物灰尘的辐射强迫范围进行估计,如图9所示。硫酸盐的直接辐射强迫是 $-0.4Wm^{-2}$，生物质燃烧气溶胶是$-0.2Wm^{-2}$,化石燃料有机碳气溶胶是$-0.1Wm^{-2}$,化石燃料碳黑气溶胶是$0.2Wm^{-2}$。然而，不确定性仍然很大。这主要来源于确定大气气溶胶浓度和辐射特性,以及确定人为气溶胶比例的困难，特别是对含碳气溶胶源的了解十分有限。这将使得人们对气溶胶总量估计的误差很大(达到2−3倍)，对气溶胶垂直分布估计的误差则更大(达到10倍)。人们对人为灰尘气溶胶的了解也十分有限。结合模式计算，卫星观测使得人们能够定性地识别晴空情况下总的气溶胶的辐射影响，但定量仍然不确定性很大。

*估算人为气溶胶的间接辐射强迫仍有困难，尽管观测表明在暖云中气溶胶将带来负的辐射强迫。*目前有两种不同的方法来估算气溶胶的间接影响：经验方法和机理方法。前者用来估计工业气溶胶的影响，后者用来估计硫酸盐，化石燃料有机碳气溶胶和生物质燃烧气溶胶的影响。另外，分析间接影响模式用来估计气溶胶粒子大小和浓度的初始变化(第一位间接影响),以及估计随从的降水效率的改变(第二位间接影响)。图9所示的研究给出第一位间接影响变化范围的专家判断，现在的结果范围比SAP 稍大,第二位间接影响有关的辐射扰动跟与第一位间接影响相比是同符号的，且程度相当。

*人们对在冰及多相云中的气溶胶的间接辐射影响有所定性了解，但定量了解仍然不够，尽管可以确定是正反馈。*目前不可能估计冰核人为源的数目。除了在很低温度(−45摄氏度)各项同性核化过程起主要作用情形下,对云中的冰形成机制至今认识不足。

C.4观测到的其它人为强迫因子变化

土地利用(反照率)的变化

*土地利用的变化，其中主要是森林的砍伐，将引起 $-0.2\pm0.2Wm^{-2}$ 的负辐射强迫(参见图8)。*在高纬度地区估计影响最大。这是因为森林砍伐将使得相对低反照率的雪盖森林被相对高反照率的雪盖区域而代替。以上的估计建立在假设工业革命之前植被与现在的相同的模拟上。然而,这种强迫的不确定性较大,与本报告中的其它因子相比较，土地利用的变化因子研究廖廖无几。

C.5太阳活动和火山活动变化的观测和模拟

*自1750年至今,由于太阳辐射变化而引起的对气候系统的辐射强迫大约是 $0.3\pm0.2Wm^{-2}$ (见图8)，并且最主要的变化估计发生在20世纪上半叶。*地球气候系统能量的最基本来源是太阳辐射。所以，太阳辐射输出的变化是重要的辐射强迫因子。地球全光谱积分的总太阳辐照度(TSI)的绝对值误差大约是$4Wm^{-2}$，但是自20世纪70年代末期的卫星观测结果表明在过去两个太阳11年周期循环中总太阳辐射相对变化大约为0.1%,相当于辐射强迫变化$0.2Wm^{-2}$。在卫星观测之前，没有对太阳辐射可信的直接测量。人们从其它量的观测(例如太阳黑子)来重新建立总太阳辐照度历史序列的方法尚未证实有效，较长时间范围内的变化也很大。太阳辐射的变化不仅仅表现在总量度变化，还表现在各光谱区间分布的改变，尤其是紫外区域，它们与平流层臭氧的形成密切相关。气候模式研究表明考虑太阳辐照度变率和太阳光谱变化对臭氧的效应对评估太阳变化对气候的影响模式模拟有所改进。人们还提出了放大太阳变化对气候影响的

其它机制，但是缺少严密的理论基础和观测事实的支持。

火山爆发引起的平流层气溶胶的增加在过去几年里带来了负强迫。比较大规模的火山爆发发生在1880至1920以及1960至1991。自1991以后，没有火山爆发。火山爆发引起的平流层气溶胶的增加，与较小的太阳辐射变化一起，在过去20年里，也许40年里，带来了负的净自然辐射强迫。

C.6 全球增温潜势

表3所示的是各种气体的辐射强迫和全球增温潜势(GWP)。全球增温潜势是某一给定物质在一定时间积分范围内与二氧化碳相比而得到的相对辐射影响值。表3中包括了新气体类型的有机氟化物分子，它们当中有许多是醚，它作为未来的碳氢化合物替代品。一些气体的全球增温潜势比其它的不确定性更大，尤其是那些没有详细寿命测量值的气体。直接的全球增温潜势是通过使用改进的二氧化碳辐射强迫的计算，SAP中CO_2值脉冲的响应函数，以及许多卤化碳化合物辐射强迫及大气寿命的新数值而得到相对于CO_2的比值。。某些气体来源于间接辐射反馈的间接全球增温潜势也有估计值，其中包括CO。具有准确大气寿命值的气体的直接全球增温潜势的误差估计大约在±35%，而间接全球增温潜势的则更加不确定。

D. 气候系统及其变化的模拟

前面两节内容报告了从遥远的过去到现在的气候，主要是通过给出气候变量的观测事实，及引起气候变化的幅射因子的观测事实。这一节将通过描述对未来气候变化进行定量估计的唯一工具，即数值模式，建立理解未来气候的桥梁。对地球系统能量收支平衡的基本认识意味着相当简单的模式可以对某些全球平均变量进行广泛的定量预测，但只有精密的气候模式才能对复杂的反馈过程以及详细的局地变化进行准确的预测。气候系统过程的复杂性使得人们不能用外推过去趋势的方法，或统计的方法，或其它纯经验的技术去研究未来的气候。气候模式可以用来研究对未来辐射因子不同输入情景的气候响应(章节F)。同样地，预测未来二氧化碳（含各种不同碳库的相对吸收）以及其它温室气体释放对气候的影响需要人们对生物地球化学过程的理解，并把这些过程考虑进数值碳循环模式中。

气候模式是对地球气候系统的简单的数学表达(见框3)。模式对气候系统响应的模拟程度很大程度上取决于对控制气候系统的物理、地球物理、化学和生物过程的理解程度。自从SAP以来，研究者用模式对地球气候系统的模拟有了长足的进步。首先，本节详述了目前人们对控制气候系统的最重要的过程的理解以及它们在目前气候模式模拟中如何很好地得到体现，然后，本节还评估了目前模式的综合能力，以便对未来气候做出有价值的预测。

D.1 气候过程与反馈

气候系统中的过程决定了气候系统的自然变率，以及对诸如大气温室气体浓度增加的扰动的响应。许多基本气候过程的重要性得到充分认识，其过程也很好地得到模拟。反馈过程对初始扰动起着放大(正反馈)或减小(负反馈)的作用，因此，它对正确模拟气候演化有着重要的影响。

水蒸气

*用于解释由气候模式预测的对应于CO_2增加引起的大的增暖的主要反馈是大气中水蒸气的增加。*大气中温度的升高，引起了其含水能力的增加，尽管如此，由于绝大部分大气是非饱和的，这并不直接意味着水蒸气自己一定会增加。在边界层内(大约是大气最低的1到2公里)，水蒸气随温度的增加而增加。而在边界层以上的自由对流层，那里水汽的温室效应是最重要的，情况较难确定。由现有模式得到的水汽反馈，大约把相对于固定含量水蒸气的增暖放大了一倍。在SAP以来，尽管云中水汽的逸失还存在较大的不确定，模式中水汽的分布和实际观测还存在差别，模式中水汽的处理已得到了较大的改善。模式已经能够模拟到位于热带和副热带有观测记录的潮湿和干燥地区，以及它们如何在各年、各季节间进行演化。如果更进一步的话，这并没有提供一个反馈的检验，尽管明显的差值倾向于一个正的晴空水汽反馈，其量级可以和模拟中的相比。

云

自1990年IPCC第一次评估报告以来，在未来气候预测中的最大不确定性来自云及其辐射相互作用。云可

表3: 相对于二氧化碳的直接全球增温潜能(GWP)(对于大气寿命有确切值的气体)。全球增温潜能是估计由于大气释放1千克特定温室气体而带来的全球增温相对于大气释放1千克二氧化碳所带来的全球增温的比值。不同时间尺度全球增温潜能的值不同表示了不同气体的大气寿命的影响。[根据表6.7]。

气体		寿命(年)	全球增温潜能 时间长度(年)		
			20 年	100年	500 年
二氧化碳	CO_2		1	1	1
甲烷[a]	CH_4	12.0[b]	62	23	7
氮氧化物	N_2O	114[b]	275	296	156
氢氟碳					
HFC−23	CHF_3	260	9400	12000	10000
HFC−32	CH_2F_2	5.0	1800	550	170
HFC−41	CH_3F	2.6	330	97	30
HFC−125	CHF_2CF_3	29	5900	3400	1100
HFC−134	CHF_2CHF_2	9.6	3200	1100	330
HFC−134a	CH_2FCF_3	13.8	3300	1300	400
HFC−143	CHF_2CH_2F	3.4	1100	330	100
HFC−143a	CF_3CH_3	52	5500	4300	1600
HFC−152	CH_2FCH_2F	0.5	140	43	13
HFC−152a	CH_3CHF_2	1.4	410	120	37
HFC−161	CH_3CH_2F	0.3	40	12	4
HFC−227ea	CF_3CHFCF_3	33	5600	3500	1100
HFC−236cb	$CH_2FCF_2CF_3$	13.2	3300	1300	390
HFC−236ea	CHF_2CHFCF_3	10	3600	1200	390
HFC−236fa	$CF_3CH_2CF_3$	220	7500	9400	7100
HFC−245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	5.9	2100	640	200
HFC−245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	7.2	3000	950	300
HFC−365mfc	$CF_3CH_2CF_2CH_3$	9.9	2600	890	280
HFC−43−10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	15	3700	1500	470
全氟品种					
SF_6		3200	15100	22200	32400
CF_4		50000	3900	5700	8900
C_2F_6		10000	8000	11900	18000
C_3F_8		2600	5900	8600	12400
C_4F_{10}		2600	5900	8600	12400
c−C_4F_8		3200	6800	10000	14500
C_5F_{12}		4100	6000	8900	13200
C_6F_{14}		3200	6100	9000	13200
醚和卤化醚					
CH_3OCH_3		0.015	1	1	<<1
HFE−125	CF_3OCHF_2	150	12900	14900	9200
HFE−134	CHF_2OCHF_2	26.2	10500	6100	2000
HFE−143a	CH_3OCF_3	4.4	2500	750	230
HCFE−235da2	$CF_3CHClOCHF_2$	2.6	1100	340	110
HFE−245fa2	$CF_3CH_2OCHF_2$	4.4	1900	570	180
HFE−254cb2	$CHF_2CF_2OCH_3$	0.22	99	30	9
HFE−7100	$C_4F_9OCH_3$	5.0	1300	390	120
HFE−7200	$C_4F_9OC_2H_5$	0.77	190	55	17
H−Galden 1040x	$CHF_2OCF_2OC_2F_4OCHF_2$	6.3	5900	1800	560
HG−10	$CHF_2OCF_2OCHF_2$	12.1	7500	2700	850
HG−01	$CHF_2OCF_2CF_2OCHF_2$	6.2	4700	1500	450

[a]甲烷的全球增温潜能包括了它对平流层水汽和臭氧贡献的间接影响。
[b]甲烷和氧化亚氮的值经过了时间调整,这主要是考虑了它们在生存期间的间接影响。

框 3：气候模式：是如何建立的？又该如何应用？

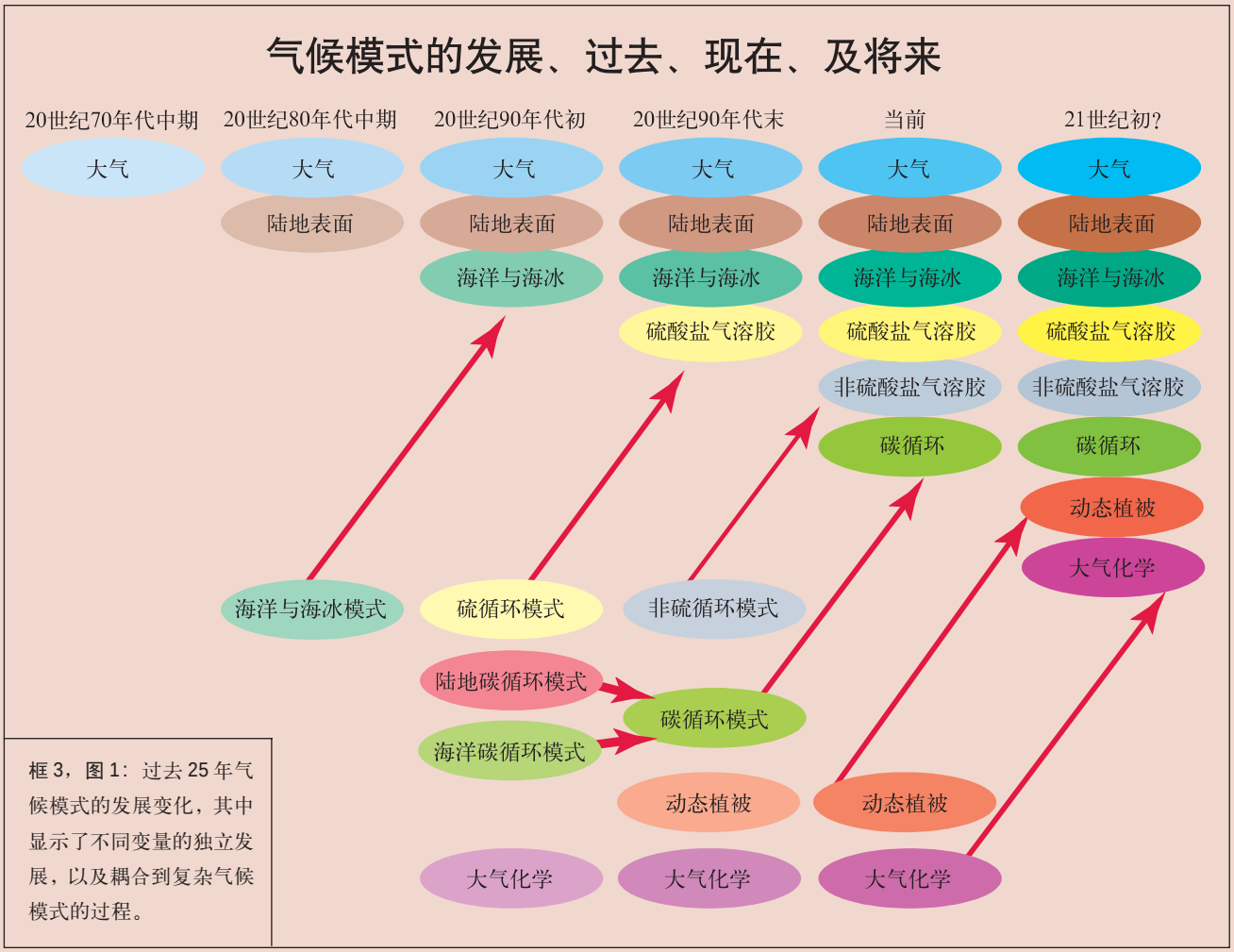
综合气候模式是建立在用数学方程表示的物理定律基础之上，它的求解是采用全球三维格点来得到的。对于气候模拟来说，气候系统的主要组成都应在子模式(大气，海洋，陆地地表，冰雪圈，以及生物圈)中有所表达，其中包括它们本身之间以及相互之间的过程。本报告中的大多数结果都来自模式结果，这包括这些所有组成的一些内容。包含大气和海洋耦合过程的全球气候模式也称之为大气－海洋环流模式(AOGCM)。例如，在大气模式中，有描述大尺度动量、热量以及湿度传输的方程。类似的方程在海洋模式中也存在。目前典型的大气模式分辨率是大约水平 250 公里和垂直 1 公里(边界层以上)；典型的海洋模式分辨率是大约水平125−250公里和垂直 200−400 公里。模式中方程的积分步长是半个小时。许多物理过程，例如与云和海洋对流相关的过程，其空间尺度远小于模式格点，故不能用模式模拟进行显示求解。它们的平均影响通过考虑与大尺度变量的物理相关而近似地被考虑。这种技术就叫做参数化。

为了对未来气候变化进行定量预测，人们必须用气候模式对控制未来气候变化的所有重要过程进行模拟。随着计算能力的日益强大，气候模式在过去的几十年里业已发展起来。这期间，气候系统各组成部份的模式，包括大气，陆地，海洋，海冰，均独立发展完成，并逐渐实现耦合。不同组成间的耦合困难重重。最近，硫循环组成部份被耦合进气候模式，它们被用来考虑硫的排放以及气溶胶粒子的氧化形成。目前在少数几个模式中考虑了陆地碳循环和海洋碳循环，而大气化学组成部份则均在气候模式本身之外运行。当然，最终目的是尽可能考虑所有的地球气候系统组成部份及其相互作用，在对未来气候变化的预测中不断考虑到各个组成部份的反馈影响。下图显示出气候模式过去，现在和未来的可能演化。

有些模式通过“通量调整”来处理误差或近地通量不平衡，这些都是为了使得模拟与观测结果更接近而根据经验在大气和海洋界面上在一定时间内进行的系统校正。人们设计了一个技术，以去除一些模式误差对结果的大部分影响。经常采用的方法如下：首先用模式进行一次“控制”气候模拟，然后用模式进行气候变化试验模拟，例如增加模式大气中二氧化碳的浓度。最后，两者的差被用来估计由于扰动带来的气候变化。这种误差技术过滤掉了模式中大多数人为调整影响，以及前后不同模拟过程中的系统误差。然而，不同模式结果的比较使得某些误差特征对结果输出的影响仍十分显著。

地球气候系统的许多方面是无秩序的，例如它的演化对初始状况小的扰动非常敏感。这种敏感性限制了为时两周的中期天气预报的可预报性。然而，由于气候系统更缓慢变化组成部分对大气的系统影响，气候仍然有其可预报性。不管怎样，为了能够在目前的初始条件和模式不确定性的情况下作出可靠的预报，人们需要用不同的全球模式，在不同的初始扰动情况下进行多次重复运算。这些集合是对气候状况进行概率预报的基础。

以吸收和反射太阳辐射(从而降低地表气温)，同时又吸收和放射长波辐射(从而增暖地面)。这些作用的整体效果取决于云的高度、云的厚度及其辐射特性。云的辐射特性和变化取决于大气中水汽、水粒、冰粒、大气气溶胶的分布和云的厚度。尽管还有相当大的不确定性，云参数化的物理基础因在云水收支方程中引入云微物理特性的整体表示 而在模式中有很大的改进。云表现为气候模拟中一个显著的潜在误差。模式系统性地低估云对太阳辐射的吸收，这种可能仍然是一个存在争执的问题。云净反馈的符号还是一个不确定的问题，不同的模式给出了相当大的差异。更进一步的不确定性来自于降水过程，及在准确模拟日循环及降水量和频率方面的困难。



框 3，图 1：过去 25 年气候模式的发展变化，其中显示了不同变量的独立发展，以及耦合到复杂气候模式的过程。

综合大气 - 海洋环流模式非常复杂，需要大量的运行计算资源。为了探讨温室气体排放的不同情景，以及更全面地估计模式参数化假定或近似的影响，简单模式也得到广泛应用。这些简单模式包括模式分辨率的降低，动力和物理过程的简化。简单的，较复杂的，综合的模式一起构成了“气候模式系列”，它们对于探讨模式参数化的选择，评估气候变化的重要结论起着唇齿相依的作用。

平流层

*由于平流层结构的变化和对其辐射与动力过程的重要作用的认识，平流层在气候系统中的重要性越来越多得到重视。*大气中包括平流层的温度变化的垂直廓线，是检测和成因研究中一个重要指标。大部分观测到的平流层低层的温度降低被归因于臭氧的减少，南极的臭氧洞是其中的一部分，而非 CO_2 浓度的增加。对流层中产生的波动可以传播到平流层，并在那里被吸收。结果，平流层的变化会改变这些波的吸收地点和方式，这种作用又可以下传到对流层。太阳光照的变化，主要是在紫外波段(UV)，会引起由光化学反应造成的臭氧变化，从而

改变平流层加热速率并进一步改变对流层的环流。分辨率的局限和对一些平流层过程相对较差的描述，增加了模式结果中的不确定性。

海洋

*在海洋过程的模拟方面有了一些大的进展，特别是热量传输方面。这些进展，与分辨率的增加相联系，在减少模式对通量调整的要求，形成自然大尺度环流型的真实模拟和改进厄尔尼诺模拟方面非常重要（见框4）。*海洋洋流携带热量从热带到高纬度地区。海洋与大气交换热量、水(通过蒸发和降水）、和CO_2。由于其巨大的质量和热容量，海洋减缓了气候变化，并影响海－气系统变率的时间尺度特征。在与气候变化相联系的海洋过程的了解方面有了较大进展。分辨率的增加，以及对重要的次网格尺度过程(如中尺度涡旋)表征(参数化)的改进，增加了模拟的真实性。在小尺度过程，如溢流(通过狭窄通道的洋流，如通过格陵兰和冰岛的)，西部边界流(即沿岸的大尺度狭窄流)，对流和混合等的表征方面仍存在很大的不确定性。尽管对气候的影响还不清楚，气候模拟中的边界流较实际的弱而宽。

冰冻圈

*对海冰过程的表征在不断改进，现在一些气候模式引入了冰动力过程的物理处理。全球模式中，对陆地冰过程的表征仍需发展。*冰冻圈包括地球上那些季节性或长年性被雪冰覆盖的地区。海冰是很重要的，因为它较海面反射更多的入射太阳辐射(即有较高的反照率)；并且在冬季绝缘海洋，减少其热量损失。这样，海冰的减少给高纬度气候变暖提供一个正的反馈。更进一步，由于海冰较海水包含较少的盐，因此海水结冰时，海洋表层的含盐量(盐度)和密度会增加。这促进了与低层海水的交换，而影响海洋环流。冰山的形成和冰架的融解将淡水由陆地返还海洋，因此这些过程速度的变化可以通过表面盐度的变化影响海洋环流。雪盖较陆地有较高的反照率；因此，尽管作用比海冰小，雪盖的减少也会导致类似的正反照率反馈。雪方案和冰覆盖及其厚度的次网格尺度变率的复杂性不断增加，这可以显著地影响反照率和大气－海洋交换，它们已经被引入部分气候模式。

陆面

*包括最新陆面表征的模式研究表明，CO_2增加对植物生理的直接效应，可以导致热带大陆地区土壤水分蒸发蒸腾损失总量的相对减少，这与区域增暖和变干相联系的，由通常的温室效应预测的。*当人为气候变化(如，气温增加，降水变化，净辐射加热变化，和CO_2的直接效应）可以影响陆面状况(如，土壤湿度，反照率，粗糙度和植被)时，陆面变化有重要的反馈作用。能量、动量、水、热量和碳在陆面和大气间的交换，在模式中可以被定义为局地植被类型和密度，以及土壤厚度和物理特性的函数，它们都基于由于使用卫星观测而不断得到改进陆面数据库。最近在植物光合作用和水利用方面的认识进展在新一代的陆面参数化中，被利用来耦合陆地能量、水和碳循环，它们已为场地观测验证并引入到部分GCM中，得到了陆地－大气通量模拟中可证实的改进。尽管如此，在土壤湿度过程、径流预报、土地利用改变和雪以及次网格尺度不均匀性处理等方面还有一些重要的问题需要解决。

陆面覆盖的改变可以在几方面影响全球气候。潮湿的热带地区(如南美，非洲和东南亚)大规模的森林砍伐已被证实为最重要的在进行中的陆面过程，因为它减少了蒸发，增加了表面温度，这些作用已经定性在模式中得到体现。但是，大规模森林砍伐，特别是在亚马逊河地区对水文循环的定量作用还存在着很大的不确定性。

碳循环

*基于过程的陆地和海洋碳循环模式的最新进展和它们相对于观测的检验，给它们在未来情景研究中的应用提供了可靠依据。*在自然界中，CO_2快速地循环于大气、海洋和陆地。但是，人类活动引起的CO_2扰动需要非常长的时间才能够消除。这是由于海洋和陆地碳储存地增加率受到限制的过程引起的。人为CO_2由于海水的高溶解度(因碳化学的自然性质)而被海洋吸收，但吸收的速度由于有限的垂直混合速度而受到限制。人为CO_2被陆地生态系统的吸收有几种可能机制，如土地管理，CO_2施肥作用(由于大气CO_2浓度增加引起的植物生长的加强)，以及人为氮输入的增加。这种吸收由于只有相对较少份额的植物碳可以进入长期储存(木材和腐植质）受到限制。排放的CO_2被海洋和土地吸收的比例随CO_2浓度的增加会减少。基于过程的海洋和陆地碳循环模式(包括物理，化学和生物过程的表述)被开发出来并与相关自然碳循环

观测进行比较评估。不建立模式来模仿碳循环中人类活动的扰动，并能够产生与观测到的全球趋势总体类似的海洋和陆地碳吸收的时间序列。模式间还存在很大的不同，特别是在如何处理物理海洋环流和陆地生态系统对气候的局地响应方面。尽管如此，现在的模式一致指出，当气候变化的效应得到考虑时，海洋和陆地对CO_2的吸收会减小。

D.2 耦合系统

如D.1节所指出的，气候系统各不同的组成部分(大气，海洋，冰雪圈，陆面）内部间存在着许多的反馈。但是，许多重要的过程和反馈的发生是通过气候系统各组成部分间耦合来实现的。它们的表征程度对预测大尺度响应是非常重要的。

自然变率模态

*现在越来越认识到，自然环流型，如ENSO和NAO，在全球气候及其年际和更长时间尺度变率中起着至关重要的作用。*最强的年际尺度气候的自然波动，是ENSO现象(见框4)。它是一个固有的大气－海洋耦合模态，其活动中心位于赤道太平洋，但对世界范围内的局地气候都有重要的影响。全球气候模式现在只能表现出代表ENSO的热带太平洋的变率，这主要是通过增加赤道地区径向分辨率实现的。类似于ENSO期间发生的海表温度和大气环流型，同样发生在年代际或更长时间尺度上。

*北大西洋涛动(NAO)是北半球冬季大气环流变率的主导型，现在已不断地得到真实模拟。*NAO与北极涛动(AO)紧密相连，它有一个另外的环北极的分量。有很强的证据表明，NAO主要是由于对流层－平流层系统的大气内部过程引起的。大西洋海表温度(SST)的波动与NAO的强度相联系，在NAO和大西洋间一个中等强度的双向相互作用，会导致年代际变率，其出现对气候变化预测十分重要。

*气候变化可以表现为围绕平均值的变动，同时也可以表现为其对特定气候状态的倾向，如已证明的，观测到的最近30年NAO指数向正值发展的趋势，以及1976年以来热带太平洋的气候"位移"。*耦合模式可以模拟观测到的自然气候变率特征，如NAO和ENSO，这表明模式中已包括许多相关的过程，但还需要更多的努力，来准确描述这些自然状态。更进一步，由于ENSO和NAO是区域气候变化的决定性因子，并且可能引起突发和超出直观想象的变化，因此在严格取决于局地变化的气候变化的这些方面存在着增加的不确定性。

温盐环流（THC）

*温盐环流(THC)在大西洋中纬度热量输送中起着主要的作用。*由温度和盐度效应引起的密度差异引起的THC是海洋中全球尺度的循环。在大西洋表层温暖海水向北流动，在北大西洋下层冷咸海水回流，这一过程中热量得到传输。大西洋THC的重新组织可以由表面浮力的扰动触发， 影响表面浮力的有降水、蒸发、 大陆径流、海冰形成、热量交换、 导致区域和全球气候变化的过程等。考虑到THC的引入，大气和海洋的相互作用看起来也对年代际和更长时间尺度有重要影响。大尺度大气强迫的相互影响，包含有在低纬的加热和蒸发，在高纬的降温和降水增加，组成了现代大西洋THC潜在不稳定的基础。ENSO通过改变热带大西洋的淡水平衡，也可能会影响THC，从而提供了一个低纬和高纬间的耦合。表征通过海底山脊和狭窄海峡的小尺度洋流的不确定性，限制了模式对THC显著变化的模拟。北太平洋较少的盐分，使得太平洋中不能发生深的THC。

非线性事件和快速气候变化

*气候系统中快速和不可逆变化的可能性是存在的，但其有关机制有很大程度的不确定性，同样在这种转换的可能性或时间尺度方面也有很大的不确定性。*气候过程包括许多复杂的过程和反馈，它们以复杂的非线性方式进行相互作用。如果系统被充分扰动的话，这种相互作用可以引起气候系统超过临界状态。从极地冰芯获取的证据表明，大气状态可以在几年内变化，大尺度半球的变化可以有几十年那么快。例如，大西洋THC的快速转向崩溃的临界的可能性，已被一系列模式所证实。现在还不清楚这种临界值是什么，以及人类活动引导超越它可能性有多大(见章节F.6)。大气环流可以被描述为不同的倾向性类型；例如，从ENSO和NAO/AO引起，以及它们位相的变化会发生得很快。基本的理论和模式说明气候变化可以首先被描述为这些形态出现频率的变化。植被的变化，或者通过直接

框 4：厄尔尼诺 / 南方涛动

在年际时间尺度上最强的自然变率是厄尔尼诺／南方涛动(ENSO)。“厄尔尼诺”一词，最早是指每年在圣诞节期间发生的，沿秘鲁海岸向南的弱的暖洋流，仅与其后不寻常的大的增暖相连。但是，这种沿岸的增暖，一般与国际日界线附近的更广阔海洋的异常增暖相联系，而就是这个太平洋海盆范围现象建立了其与异常全球气候型的连接。与“厄尔尼诺”相连的大气部分就是“南方涛动”。科学家们经常将这种大气和海洋共同作用的现象合起来，称为ENSO（厄尔尼诺－南方涛动）。

ENSO是一个自然现象，在珊瑚芯和安第斯山脉的冰芯证据表明，它已经存在了上千年。赤道太平洋地区的海洋和大气条件很少达到平衡状态，但厄尔尼诺与它的反位相拉尼娜，由一个赤道太平洋海盆范围变冷组成，两者之间在某种程度上波动是不规则的，倾向于3到6年周期。每次事件最强的位相一般可以延续为大约一年。

太平洋海表温度明显不同的分布型，决定了ENSO事件不同的阶段。关键的特征是，位于赤道西太平洋的“暖池”，那里有全世界最暖的海水；东太平洋冷很多的海水；和沿赤道在10月份最强、3月份最弱的冷舌。大气在赤道从东方来的信风，将西部的暖水堆积起来，产生沿赤道从东向西0.60米高的向上的斜坡。风驱动表面洋流，这决定了表面海水向哪里流动和转向。这样，较冷的富含营养的海水沿赤道和美洲西部沿岸自下层上翻，有利于浮游植物、浮游动物、以及鱼的发育生产。由于对流和雷暴易于在暖水上方发生，海表面温度的分布型决定了热带地区降水的分布，反过来，这通过潜热释放又决定了大气加热型。加热驱动热带大尺度季风型环流，从而决定风的整体情况。热带这种大气和海洋间很强的耦合作用引起了厄尔尼诺现象。

厄尔尼诺期间，从热带西太平洋来的暖水当信风减弱时向东迁移，使热带风暴的分布型迁移，进一步减弱了信风，从而加强了海水温度的变化。当暖水沿赤道向东涌动时，海面在西部下降，而在东部升高，最高达0.25米。但是，大气环流的变化并不局限于热带地区，而是伸展到全球，影响急流分布和中纬度的风暴路径。大致相反的型式发生在相反的拉尼娜相位现象中。

与ENSO相联系的变化产生了每年全世界天气和气候很大的变化。这些经常对人类和社会有深远的影响，因为和它们经常相联系的有干旱、洪水、热浪和其他一些严重破坏农业、渔业、环境、健康、能源需求、空气质量 以及火灾危险等的变化。ENSO在模拟大气中CO_2变化中也起着显著的作用。热带太平洋正常的富营养和CO_2海水上翻，在厄尔尼诺期间被抑制。

的人为森林砍伐或者通过全球变暖，可以发生得很快，可能会导致进一步的气候变化。大约5,500年前撒哈拉的快速出现，可能代表了这种陆地覆盖的非线性变化的一个例子。

D.3 区域化技术

*在SAP中，区域气候信息仅给予了有限程度的强调。在SAP以来，加强区域细节的技术也得到了显著提高，并得到了更广泛的应用。*它们被划分为三类： 高和可调节分辨率的AOGCM；区域（或嵌套有限区域）气候模式（PCM）；以及经验／统计和统计／动力方法。这些技术表现出了不同的长处和短处，它们在大陆尺度的应用强烈取决于特定应用的需求。

总体来说，粗分辨率的AOGCM可以较好地模拟

大气平均环流特征。在区域尺度，它们依地区不同，模式不同而表现出区域平均偏差变化很大；在次大陆级的地区，平均的季节温度误差典型值为±4℃，降水的偏差为−40到+80%间。这表明了与SAP评估的AOGCM相比，有了重要的改进。

自SAP以来高／可变分辨率大气环流模式(AGCM)通常表明，模式中的动力和大尺度流随分辨率的增加而改进。尽管只有很少的工作，但在某些个例中，结果表明与粗的全球模式相比，其系统误差会变坏。

自SAP以来，高分辨率PCM明显成熟很多。与AGCM相比，区域模式不断地改善所模拟气候的空间细节。由观测到的边界条件驱动的PCM所模拟的区域平均温度误差一般低于2℃(区域尺度从10^5到10^6 km²)，降水误差一般低于50%。区域化工作表明，在细尺度上，与大的区域平均结果相比，变化可能在幅度或符号上都会有很大的不同。模式结果之间还有相对较大的差别，尽管形成这些差别的原因还不清楚。

D.4 能力的总体评价

自SAP以来，耦合模式有了显著的发展和改进。总体来说，它们提供了可信的气候模拟，至少到次大陆级尺度和从季到年代际的空间范围。耦合模式，作为一个整类，被认为是提供未来气候估计的适当工具。这些模式到目前为止还不能模拟气候的所有方面（如，它们还不能完全解释观测到的自1979年来的地面－对流层温度差别的趋势）。云和湿度还是明显的不确定性的源，但在模拟它们方面已经有了改进。没有一个模式可视为是“最好的”，使用一系列经过仔细检验的耦合模式，来探讨不同情况的效果是非常重要的。对模式表现不断增加信心的理由来自于以下方面。

通量调整

模式预测的总体信心由于一些模式不使用通量调整的良好性能而得到增加。这些模式现在一直可得到稳定的、多世纪的地面气候的模拟结果，这被看作它们在用于进行气候变化预测时有足够的能力。许多模式现在可以不使用通量调整进行运行，这种改变来自于大气和海洋两个组成部分的改进。在大气模式中，对流、边界层、云和地表潜热通量方面的改进得到广泛关注。在海洋模式中，改进体现在分辨率、边界层混合以及涡旋的表示等方面。使用和不使用通量调整的模式得到的气候变化研究结果表现出广泛的一致性，尽管如此，稳定的、不使用通量调整的模式的发展增加了它们在模拟未来气候能力方面的信心。

20世纪的气候

由于一些模式使用增加的温室气体和硫化物气溶胶再现20世纪地面气温增暖趋势，模式在预测未来气候方面能力的信心不断增强。这在图13得到证实。但是，只是使用了理想化的硫化物气溶胶，其他一些额外过程和强迫的贡献或许还没有包括在模式中。一些模拟研究表明，额外强迫如太阳变率和火山气溶胶的引入会改善所模拟的20世纪气候变率的某些方面。

极端事件

对气候模式中模拟的极端事件的分析和信心仍在显现，特别是对风暴路径和风暴频率。“热带气旋状”涡旋在气候模式中被模拟，尽管在对它们进行解释，用于提出可靠的关于热带气旋变化的预测方面还有许多的不确定性。但总体来说，对极端事件在观测（参见B.6节）和耦合模式两方面的分析研究工作仍不发达。

年际变率

耦合模式在模拟ENSO方面的性能得到了改进；但其位置偏西，强度总体来说低估。在适当使用表面风和次表层海洋数据初始化的情况下，一些耦合模式在预测ENSO事件方面取得了一定程度的成功。

模式比较

模式间系统性比较的不断增加提供了气候模式不断增长能力的重要依据。例如，耦合模式比较计划（CMIP）使得能够对在标准配置耦合模式响应标准强迫运行下进行一个广泛和系统性地评估和互相比较。现在已能给出

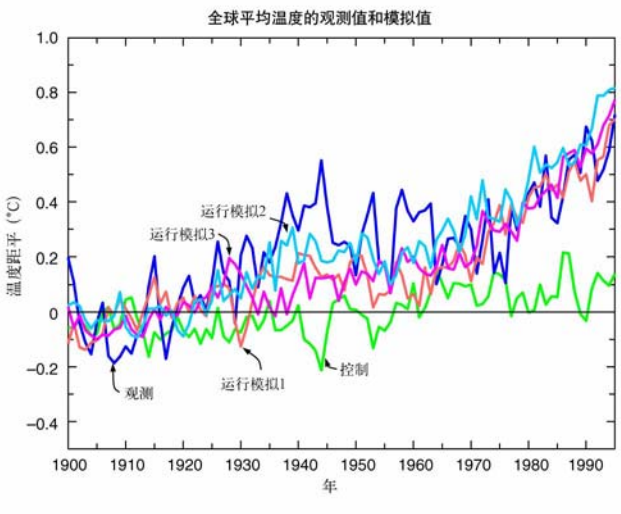


图13：相对于1900–1930年观测平均值的全球年平均温度距平观测和模拟值（摄氏度），利用AOGCM模式，在相同的温室气体与气溶胶强迫和少量不同的初始条件做出的控制试验和三个独立模拟，三种温室气体与气溶胶的模拟分别标有“运行模拟1”，“运行模拟 2”和“运行模拟3”。[根据图 8.15]

在某种程度上定量化的耦合模式的改进结果。古气候模式比较计划（PMIP）提供了模式对中全新世（距今6,000年)和晚冰川最盛期（距今21,000年前)模拟的比较。这些模式模拟古气候某些方面的能力，与一系列古气候代用资料相比较，给出了模式（至少在大气部分）在一系列不同强迫下的信心。

E. 人类对气候变化影响的辨认

B和C节分别给出观测到的过去气候和强迫因子的变化。D节通过预测气候系统对这些变化的响应，对气候模式进行了检验。本节使用那些信息，检验迄今人类活动对气候变化的影响能否被识别这一问题。

这是一个需要特别注意的地方。SAR总结“有一系列证据表明， 存在一个可辨别的人类活动对全球气候产生影响”。它注意到人为气候变化信号的检测和归因可以通过不断的证据积累过程来完成。SAR同样指出在一些因子中的不确定性，包括内部变率、强迫和响应的量级和类型，这使得它们不能得到一个确定的结论。

E.1 检测和归因的含义

***检测**是证明一个观测到的变化比能被自然变率解释得更显著(在统计意义上)的过程。**归因**是在一些给定可信度基础上建立因果的过程，包括有争议假设的评估。*人为气候变化强迫变化的响应，发生在自然界内部和外部强迫的气候变率背景下。内部气候变率，即不是被外界因子强迫的气候变率，发生在从数周到数世纪乃至上千年的所有时间周期上。慢气候部分，例如海洋，因为与天气变率想相关，而在年代际和世纪的时间尺度上有非常重要的作用。这样，气候就能在没有外来影响的情况下，产生具有相当大小的长时间尺度的变化。强迫气候变率（信号）的外部因子，可以是由于自然强迫因子的变化，比如太阳辐射或火山气溶胶；或由于人为强迫因子的变化，比如温室气体浓度或气溶胶的增加。这种自然气候变率的存在，意味着人为气候变化的检测和归因是一个统计“信噪比”问题。检测研究证明一个观测到的变化是否在统计意义上高度非同寻常，但并不一定意味着我们知道它的原因。将气候变化归因为人为原因，需要使用统计分析和对多种证据仔细的评估，在事先给定的误差界限下，观测到的变化为：

- 不可能全部是因为内部变率；
- 与所估计的且与给定的人为和自然强迫结合产生的响应一致；而且
- 与对除去给定共同强迫的重要因素下最近气候变化物理上可能解释不一致。

E.2 一个更长时间的，经过更仔细核查的观测记录

*最近5年中的 3年(1995，1997和1998)是全球有仪器观测记录以来的最暖年份。*对全球和半球平均温度记录观测样本误差的影响进行了估计。对基于卫星的温度记录(微波辐射计，MSU)的误差和不确定性也有了更深入的了解。MSU和探空资料的差异得到了很大程度上的解决，尽管地面和对流层低层间差别的观测趋势还不能被完全解释(B节)。最近1,000年新的温度重建表明，即使考虑到在古气候重建方面很大的不确定性(参见B节)，最后100年温度的变化不可能全部归因于自然原因。

E.3 内部变率新的模式估计

*如现在的模式估计所表明的，最近100年的变暖看起来非常不像仅是由于内部变率引起的。*器测记录较短，包括人类影响时期；古气候记录包括了自然强迫变化，比如那些由于太阳辐射变化和重要火山喷发的频率。这些局限性使得在使用耦合模式进行长期的“控制”模拟估计内部气候变率方面很少有其他替代。自SAR以来，更多的模式被用来估计内部变率的大小，其中一个事例在图 14 中给出。如所看到的，这些模式中有相对的全球尺度的内部变率。与检测和归因相联系的长时间尺度的估计还不能确定，但在年际和十年际时间尺度，一些模式表示出较观测类似或大的变率，即使模式不包括外源的变化。关于人为影响信号的检测，结论是它对用以估计内部变率的模式不敏感，最近的变化也不能单纯由内部信号解释，即使在模拟的内部变率的幅度由于增加2个或更多的因子而最多的情况下。大多数最新的检测和归因研究发现没有证据表明，在扣除在用来作检测和归因研究的大的空间尺度和长的时间尺度的人为信号估计外的剩余变率后，由模式估计的地表内部变率与仍在观测中的剩余变率是不一致的。但是请注意，用来估计不一致性的能力是有限的。如图14所示，没有模式控制的模拟表现出地面气温趋势和最近1,000年的观测趋势一样大。

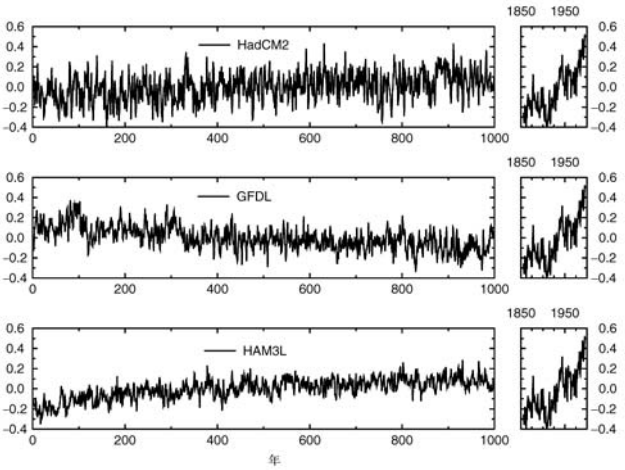


图 14：利用三个不同的气候模式－哈得莱，地球流体动力实验室和汉堡模式，得到的 1000 年的全球平均地表气温距平控制模拟结果，并与最近的仪器记录进行比较。模式控制试验没有表明地面气温的趋势与观测趋势一样大，假如这些模式的内部变率是正确的话，最近的增暖不可能是由于气候系统单独的变化引起的。[根据图 12.1]

E.4 对自然强迫响应的新的估计

*基于物理原理和模式模拟的评估表明，仅有自然强迫不能够解释最近观测到的全球变暖，或者观测到的大气温度垂直结构的变化。*海洋－大气全部耦合的模式使用最近1到3个世纪的太阳和火山强迫重建资料，来估计自然强迫对气候变率和变化的贡献。尽管自然强迫的重建还不确定，包括它们的影响会产生长时间尺度(多年代)变率的增加。这带来了与由古气候重建所带来的相近的低频变率。有可能净的自然强迫(即太阳加火山)在过去的20年，可能甚至是40年中，是负的。统计评估证实，模拟的自然变率，包括内部和自然的强迫，不可能解释20世纪下半叶的变暖(见图15)。但是，存在有可以检测的火山对气候影响的证据，及可以检测的太阳影响的证据，特别是在20世纪早期。即使模式低估了太阳和火山强迫响应的强度，空间和时间型式表明，仅有这一效果自身不能解释观测到的 20 世纪的温度变化。

E.5 估计气候变化信号的敏感性

*在观测到的气候变化和模式对人为强迫的响应方面，有许多定性的一致性。*模式和观测均表现出全球气温的增加，陆地－海洋温度差的增加，海冰范围的缩小，冰川后退，以及在北半球高纬度地区降水的增加。还存在一些定性的不一致，包括模式预报了在中至高层对流层较观测到的或者卫星或者对流层探空仪的温度记录更快的变暖这一事实。

*在检测研究中考虑温室气体和硫化物气溶胶的所有模拟发现，在解释最近30年地面和对流层趋势方面，一个强的人为信号贡献是需要的。*自SAR以来，有了更多模拟考虑温室气体的增加，也有一些对气溶胶作用进行描述的方法。一些研究包括了温室气体的显示表示(与 CO_2 当量增加相对的)。其它一些还包括了对流层臭氧变化，交互式的硫循环，硫化物气溶胶散射的显示辐射处理，以及改进的对平流层臭氧变化估计。大体来说，

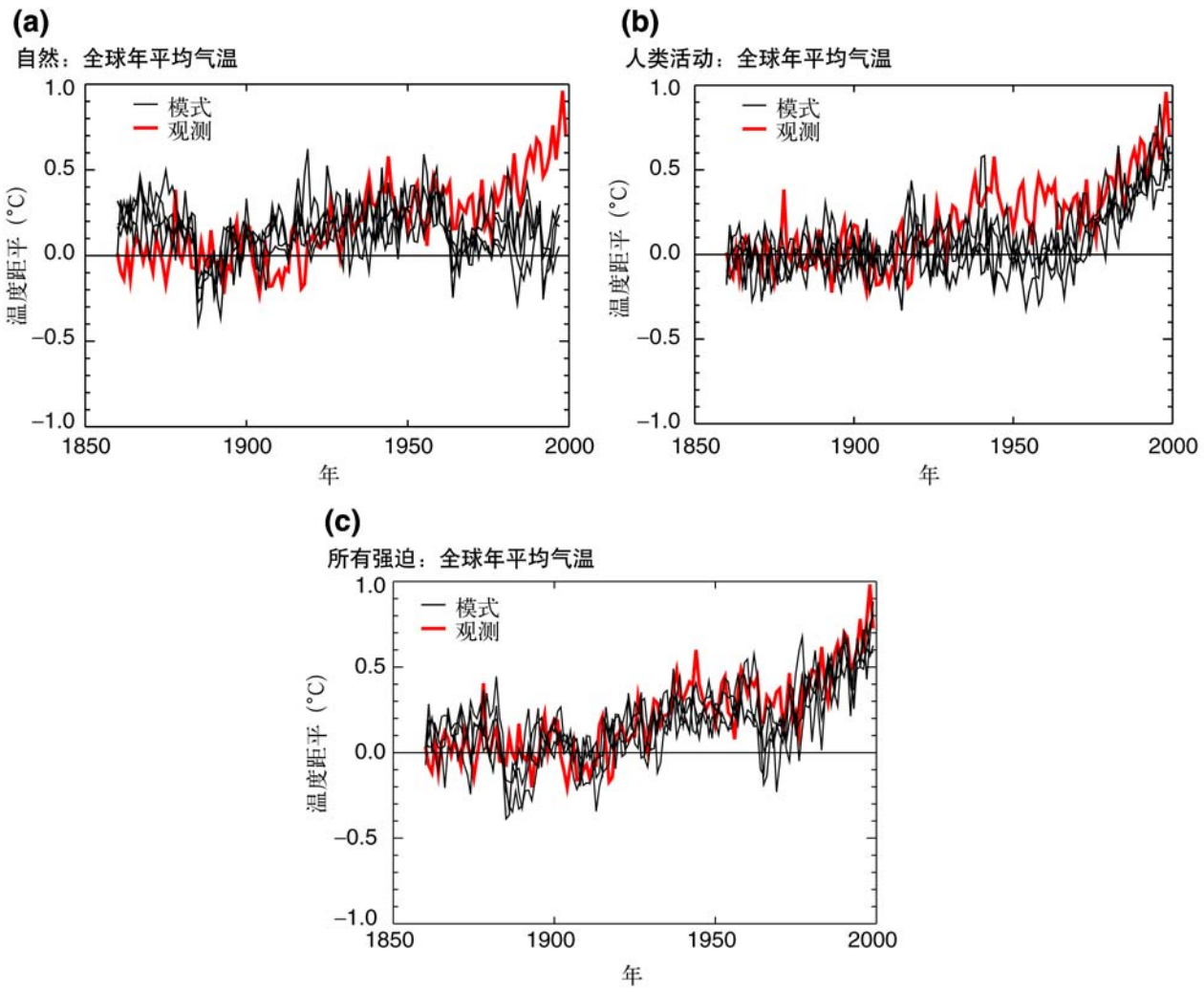


图15：相对1880−1920年平均的全球平均地表温度距平，它是根据仪器记录并与耦合海气气候模式强迫得到的四个模拟结果集成比较后得到的（a）只有太阳和火山强迫；(b) 包括加入混合均匀的温室气体、平流层和对流层臭氧变化和硫酸盐气溶胶的直接和间接作用的人类活动强迫，(c)包括所有的强迫，既有自然的也有人类活动的。粗线表示的是仪器记录资料，细线表示的是每一个模式在四个模式集成中的单独模拟结果。注意资料是年均值。模式资料只是在有观测点的地方采样得到。硫酸盐气溶胶变化的计算是相互影响的，对流层臭氧的变化利用了一个化学传输模式单独计算得到。云的亮度（硫酸盐气溶胶的第一个间接影响）变化利用单独模拟计算得到，并包含在模式中。平流层臭氧变化的计算基于观测。火山和太阳强迫基于测量到的和代用资料合成后的业已发表的研究结果，1990年净的人类强迫为1.0Wm^{-2}，包括由于硫酸盐气溶胶引起的净的1.0Wm^{-2}冷却。相对于1860年，1990年的净自然强迫为0.5 Wm^{-2}。由于Pinatubo火山爆发，1992年是净的冷却2.0Wm^{-2}。受人类活动强迫的其它模式给出了与(b)相同的结果。[根据图12.7]

当气候对这些人为因子响应的检测经常还比较含糊的情况下，温室气体对过去50年地面气温变化影响的检测还是确凿的。在一些个例中，进行了集合模拟，以减少依赖于时间的响应估计的噪音。估计气候变化信号的不确定性，使得将观测到的气候变化归因于人为和自然影响的特定组合是困难的，但是所有的研究都发现显著的人类贡献在解释至少最近30年的地表和对流层趋势是需要的。

E.6 广泛分布的检测技术

温度

*人类影响气候的证据是由根据大量的检测技术得到的。*SAP 以来的一个主要进步是所用检测技术的增加，以及在使用这些技术方面结果独立于假设程度的评估。有使用型相关的研究，也有使用一个或更多固定型及可变时间型的优化检测研究，以及其它一些技术。研究数量的增加，技术广度的增加，评估人为气候强迫作用能力的提高，以及结果相对于使用这些技术作出的假定的确凿性，使得人们在检测和归因方面增加了信心。

*结果对所考虑的时间尺度和空间范围是敏感的。*数十年的数据在区分出内部变率信号方面是必须的。理想化研究表明，地表温度变化只在 5,000 公里尺度内是可以检测的。这些研究表明，型相关研究中在模拟和观测间发现的一致程度与在理论上预计的是一样的。

*大多数归因研究发现，在最近50年，估计单独由于温室气体增加引起的全球变暖的速度和大小，即可以与观测到的增暖相当，或者会更大。*归因研究强调这一问题，即“相对于一个特定的强迫因子，模拟的响应幅度是否与观测一致”。多信号技术的应用，使得能够在多个气候影响因子中分辨它们各自不同的效果。时间依赖信号的引入，促进了自然和人为强迫影响的区分。随着更多的响应型的引入，不可避免地出现退化问题(不同组合的型得到相对于观测类似的结果)。尽管如此，即使在分析中引入了所有主要的响应，某一明确的温室气体信号仍是可检测到的。而且，大部分模式同时引入温室气体和硫化物气溶胶的估计和在这一阶段的观测是一致的。当人为和自然因子都被引入考虑时，就得到了最近140年模式模拟和观测最好的一致结果(参见图15)。这些结果说明，强迫的引入足以解释观测到的变化，但不排除其它强迫也有贡献的可能性。总体来说，可以发现温度响应增加的温室气体浓度的幅度，与在考虑的尺度范围内所观测的结果之间存在一致性(参见图 16)，但是在其它自然和人为因子方面，模拟和观测还存在着差异。

*所包括的其它强迫的不确定性，不妨碍最近50年人为温室气体效应的确认。*尽管还不确定，但硫化物强迫在这段时期是负的。这段时期大部分的时间，自然强迫的变化强迫也被估计为负的。这样，人为温室气体影响的检测，既不能被硫化物气溶胶强迫的不确定性，也不能因为自然强迫没有引入所有的模式模拟中所消除。区分温室气体，硫化物气溶胶强迫等不同响应的研究，对硫化物气溶胶和自然信号幅度的不确定性进行了估计，但几乎所有的研究都仍然能够在最近气候记录中检测到人为温室气体信号的存在。

*使用的检测和归因方法，不应该对由个别强迫引起的全球平均响应幅度的误差表现出敏感。*在本报告使用的信号估计方法中，信号的幅度是由观测估计而来的，而不是模拟响应的幅度。这样估计就和那些决定响应模拟幅度的因子是独立的，就如模式使用的气候敏感性一样。此外，如果由于一个给定强迫产生的信号被单独估计，其幅度在很大程度上与用以产生响应的强迫的幅度独立。太阳和硫化物气溶胶间接强迫幅度的不确定性不应该影响估计信号的幅度。

海平面

*通过海水的热力膨胀和广泛的陆冰丧失，20世纪的增暖对观测到的海平面升高很可能有显著贡献。*在现在的不确定性中，观测和模式都一致表明，在20世纪中没有明显的海平面升高加速过程。

E.7 在检测和归因中尚存的不确定性

在减少不确定性方面有了一些进展，尽管在SAP中辨认的许多不确定性的源仍然存在。它们包括：

- *对流层中温度变化的垂直廓线在观测和模式中的差别。*这些随着更真实的强迫历史记录在模式中的应用而减少，尽管没有完全解决。同样，在最近20年观测到的地面和对流层低层的趋势，不能通过模式模拟完全生成。
- *从模式和观测中估计内部气候变率还有很大的不确定性。*尽管如上文所指出的，它们不可能是(接近很不可能)有足够大，能够把检测到的气候变化业已发生这一结论否定掉。
- *除最近20年外的，建立在代用资料或有限观测基础上的太阳和火山强迫的重建还有很大的不确定性。*温室气体对气候影响的检测，可能由于太阳强迫被臭氧－太阳或太阳－云相互作用的放大，在这些不改变型或者依赖于时间的对太阳强迫的响应情况下，而看起来很确凿。这些过程引起的太阳信号的放大

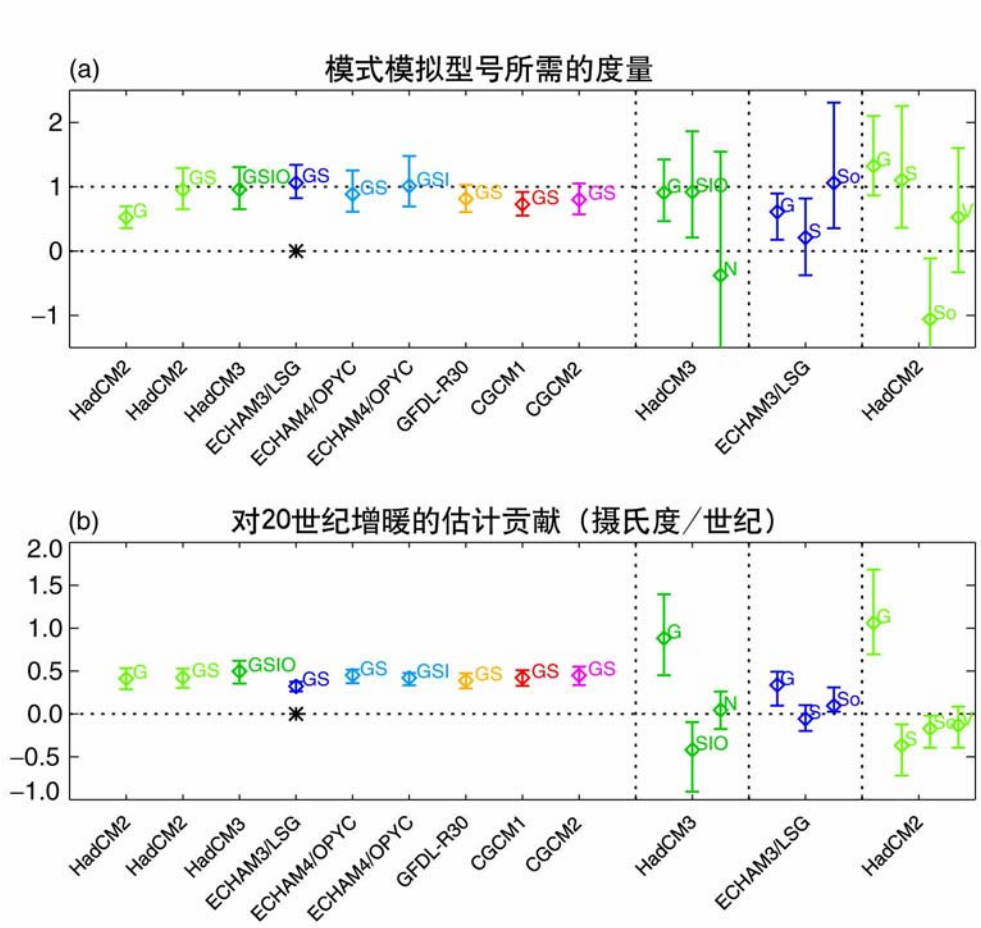


图16: (a)“度量指标估算”，据此将几个模式模拟的信号叠加，以重构观测记录中相应的变化。垂直线段表示由于内在变率而产生的5%–95%的不确定性。一个围绕单位量的范围意味着强迫振幅与模式模拟响应部分叠加，其结果与相应观测变化相一致，而一个包含零的变化范围意味着此模式的模拟信号无法被检测。信号定义为大尺度（＞5000公里）范围内1946年到1996年近地面气温（相对于1896年到1996年之间的平均）作为外部强迫的集合平均响应。第一个输入（G）显示了根据观测结果仅包含对温室气体的响应与内在变率假设得到的尺度因子和5%–95%的置信区间。范围明显小于1（与其它模式结果一致），说明仅由温室气体强迫的模式对观测到的变暖信号估算过高。另外的8个输入表示温室气体和硫强迫（GS）下模式模拟的尺度因子，包括间接硫酸盐强迫和对流层臭氧强迫两个过程，臭氧强迫也包括平流层臭氧耗损（分别为GSI和GSIO）。除了CGCM1外，这一范围其它模式模拟都与单位量一致。很少有证据显示，在仅仅考虑GS信号和内在变率的假设下，模式会系统性地过高或过低估算观测到的响应幅度（也就是说此种诊断分析中自然强迫净效应很小）。除了ECHAM3（用星号表示）外，其它模式观测的残差变率与这一假设一致。有人想引入假设，使模式仅仅模拟对人类活动的响应，但是由于没有考虑对自然强迫的响应，因此在这些单一信号的模拟中，估算的不确定性是不完全的。然而，正如这些不同模式模拟的一样，高置信度范围表明，近年来近地面温度变化不能解释为气候的内在变率造成的。接下来的三个输入对不确定性进行了更全面的分析，这三个输入分别代表单一的温室气体（G）、硫酸盐气溶胶（S）、太阳因子加火山（N），在只考虑太阳因子（SO）和只考虑火山（V）的情况下也进行了相应信号的模拟。在这些情况下，为了考虑自然强迫响应中的不确定性，同时进行多个因子的模拟。不确定性在增加，但仍能检测到温室气体的响应。只有一种情况（ECHAM3）似乎过高地估算了温室气体的响应（G信号的尺度范围与单位量不一致）。但是这一结论对利用何种成分作为控制量来定义检测空间比较敏感。目前的研究仍不清楚对引入火山信号会如何响应这一问题。在包含太阳因子和火山强迫的情况下（HadCM2和HadCM3），G和S信号可以被检测出来，与是否联合或单独估算自然信号无关，并且与单位量保持一致（对S、V响应允许存在不同误差）。(b) 基于（a）中的结果，在5%–95%置信区间上，对20世纪全球平均增暖贡献的估算。尽管估算结果变化依赖于所假设的模式信号及强迫，并且估算一个以上的信号会出现高的不确定性，但是所有模式模拟的结果都表明，人类活动对气候变化的影响对20世纪全球变暖具有明显的贡献。[根据图12.12]

方面，它们还没有引入模式中，也有许多推测性。

- *人为强迫中的高不确定性与气溶胶的影响有关*。目前的检测和归因研究尚未包括一些人为因子的影响，诸如有机碳、黑碳、生物质气溶胶、土地利用变化等。尽管它们各自的全球影响估计相对较小，但是这些强迫的影响量级和空间分布存在相当大的差异。
- *不同模式对同一强迫的响应存在很大差异*。这些差异，往往远大于同一模式是否考虑气溶胶的影响所存在的差异，这充分说明气候变化预测存在非常大的不确定性，同时有必要通过获得高质量的观测记录和进一步完善模式来量化和降低不确定性。

E.8 概要

根据新的证据，并考虑到尚存在的不确定性，最近50年来观测到的大部分变暖可能是由于温室气体浓度的增加而引起的。

F. 地球未来气候预测

气候模式作为一种工具，将各种强迫因子（例如温室气体、气溶胶等）的未来情景作为模式输入，给出一系列预计未来可能发生的气候变化的可能性。F.1部分描述了IPCC 排放情景特别报告（SPES）中给出的强迫因子的未来情景，本节中提出的未来变化也是尽可能基于这些情景做出的。F.2–F.9部分给出了未来气候变化的预测结果。最后，F.10给出了未来温室气体浓度稳定的情景下气候变化的预测结果。

F.1 IPCC 排放情景特别报告（SRES）

1996年，为了有效地更新和替代众所周知的IS92系列情景，IPCC着手制订一套新的排放情景。IPCC排放情景特别报告（SPES）对这些被批准的新排放情景进行了描述。分别拟定出四个不同的叙述性框架来一致地描述排放驱动因子及其演变之间的关系，并且为有关情景量化奠定了基础。最后确定的40个情景广泛涵盖了人口、经济、技术等方面未来温室气体和硫排放驱动因子（其中35个情景包含运行气候模式所需要的所有温室气体资料）。每一个情景都代表了四个框架中某一特定情景的量化描述。所有基于同一框架的情景组成一个情景系列（见框5，简要描述了四个SPES框架及其情景系列的主要特征）。这些SPES情景没有考虑额外的气候行动计划，也就是说，SPES中没有任何情景明确假定履行联合国气候框架公约或京都议定书中的排放目标。但是，温室气体的排放直接受到为其他目的而采取的非气候政策的影响（例如空气质量）。此外，政府的政策可以在不同程度上影响温室气体的排放，如人口的变化、社会和经济的发展、技术变化、资源利用、污染治理等等。这些影响明确地体现在SPES的发展框架及相应的情景当中。

由于SPES到2000年3月15日才被通过，模式模拟者没有时间将最后通过的情景应用到模式中去，也来不及在第三次评估报告中反映出相应的模拟结果。但是，根据1998年IPCC主席团的决定，情景草案已经提前提供给模拟者，以便于第三次评估报告的编写。当时，直接从每个框架（A1B、A2、B1和B2）的情景群组中选取了一个标示性情景。标示性情景是基于其初始的量化值能充分反映框架及模式的特征而选取的。标示性情景不意味着或多或少比其它的排放情景更可能发生，但它只是作为某一框架的示意性情景。后来在A1系列中选择了其它两个情景（A1FI和A1T），这两个情景分别代表了在其它强迫因子保持不变的情况下两种不同技术的发展方向。因此6个情景组均有一个用来示例的情景，所有都具有同等的可能性。由于后来两个情景在最后阶段才被提出来，因此在本报告中AOGCM的模拟结果只用了四个草案标示性情景中的两个作为模式输入。目前，仅有A2、B2情景被多个AOGCM模式综合在一起应用。简单气候模式应用所有6个示意性情景，其输出结果是AOGCM模式模拟结果的补充。在许多情况下，也采用IS92a，以便同第二次评估报告（SAP）中的结果进行直接对比。

SPES中最后确定的四个标示性情景与本报告中用于AOGCM试验使用的情景草案只存在很小的差异。为了确定草案和SPES中的情景之间的差别可能产生的影响，四个情景草案和最终标示性情景分别被用于一个简单的气候模式来进行研究。其中三个标示性情景（A1B、A2、B2），分别应用其草案和SPES情景模拟出的温度差异很小。对于所有的这些情景来说，主要的差异在于用于标准化的值从1990年变为2000年，使得该期间早期产生一个较高的强迫。净强迫存在很小的差异，到2100年，随着这些情景两个版本间的温度变化差异达到1%–2%的范

框 5：排放情景特别报告（SRES）中的排放情景

A1. A1框架和情景系列描述的是一个这样的未来世界，即经济快速增长，全球人口峰值出现在21世纪中叶、随后开始减少，新的和更高效的技术迅速出现。其基本内容是强调地区间的趋同发展、能力建设、不断增强的文化和社会的相互作用、地区间人均收入差距的持续减少。A1情景系列划分为3个群组，分别描述了能源系统技术变化的不同发展方向，以技术重点来区分这三个A1情景组：化石密集（A1FI）、非化石能源（A1T）、各种能源资源均衡（此处的均衡定义为，在假设各种能源供应和利用技术发展速度相当的条件下，不过分依赖于某一特定的能源资源）。

A2. A2框架和情景系列描述的是一个极其非均衡发展的世界。其基本点是自给自足和地方保护主义，地区间的人口出生率很不协调，导致持续的人口增长，经济发展主要以区域经济为主，人均经济增长与技术变化越来越分离，低于其它框架的发展速度。

B1. B1框架和情景系列描述的是一个均衡发展的世界，与A1描述具有相同的人口，人口峰值出现在世纪中叶，随后开始减少。不同的是，经济结构向服务和信息经济方向快速调整，材料密度降低，引入清洁、能源效率高的技术。其基本点是在不采取气候行动计划的条件下，更加公平地在全球范围实现经济、社会和环境的可持续发展。

B2. B2框架和情景系列描述的世界强调区域性的经济、社会和环境的可持续发展。全球人口以低于A2的增长率持续增长，经济发展处于中等水平，技术变化速率与A1、B1相比趋缓、发展方向多样。同时，该情景所描述的世界也朝着环境保护和社会公平的方向发展，但所考虑的重点仅仅局限于地方和区域一级。

围，这些差异将随之减小。但是，对于B1情景，最后版本中的温度变化明显偏低，作为所有温室气体均达到低排放标准的结果，2100年将产生大约20%的温度变化的差别。

图17六个示例情景给出了CO_2、CH_4、N_2O三种主要的温室气体及SO_2的人为排放。很显然这些排放情景覆盖很大的排放范围。为了比较，图中也给出了IS92a排放情景。特别值得注意的是，有别于IS92a，6个SPES排放情景的SO_2的排放明显减少，这主要归因于能源系统结构调整以及人们对局地和区域空气污染的关注。

F.2 温室气体和气溶胶未来变化的预测

*模式表明，SPES示例情景将产生极其相异的CO_2浓度变化轨迹（见图18）。*采用SPES示例排放情景，碳循环模式预测2100年大气中二氧化碳浓度将达到540–970ppm（比1750年的280ppm超出90%到250%）。如模式所示，由于海洋和陆地对CO_2的吸收量减少，陆地和海洋气候反馈的净效应使得大气中的CO_2浓度进一步增高。不确定性，特别是陆地生物圈的气候反馈幅度的不确定性，将导致每一个情景出现大约从−10%到30%的变化，总的范围为490ppm到1260ppm（比1750年浓度值超出75%到350%）。

*增加陆地生态系统碳存储的措施将影响大气中的CO_2浓度，但是通过这一手段CO_2浓度减少的上限平均为40–70ppm。*在本世纪，如果历史上土地利用变化排放的碳能够重新存贮在陆地生物圈（例如通过再造林），CO_2的浓度将降低40到70ppm。因此，在本世纪内，化石燃料的CO_2排放明显地控制着大气CO_2浓度的变化趋势。

*模式计算结果表明，到2100年主要的非CO_2的温室气体浓度在6个SPES示例情景中差异很大。*总的来说，A1B、A1T和B1增加最少，而A1FI和A2增加最多。CH_4

从1998年到2100年的变化范围是−190到+1970ppb（−11到112%，而N_2O从+38提高到+144ppb（+12到+46%）（见图17b和c）。HFC（134a，143a和125）从当今可以忽略的水平升高到了成百上千的ppt浓度值。PFC CF_4预计升至200到400ppt，而SF_6预计升至35到65ppt。

*对于6个SRES示例性排放情景来说，间接的温室气体（NO_x，CO，VOC）和CH_4排放的可能变化，预计将改变对流层烃基（OH）的全球平均浓度，到下个世纪变化范围从−20%达到+6%。*由于OH在对流层化学中具有重要作用，CH_4和HFC两种温室气体在大气中的存留时间将会因此发生变化。这很大程度上取决于NO_x和CO排放的数量及其之间的平衡。经计算，2000年到2100年对流层臭氧的变化范围是−12到+62%。21世纪预计A1FI和A2情景下臭氧排放增加的幅度最大，将是工业革命以来的两倍多。臭氧浓度的升高是由目前人为NO_x和CH_4排放同时和大幅度增加所造成的。

这6个SRES示例情景中一些情景所预计的全球温室气体和其他污染物排放的大幅度增加，除导致气候变化

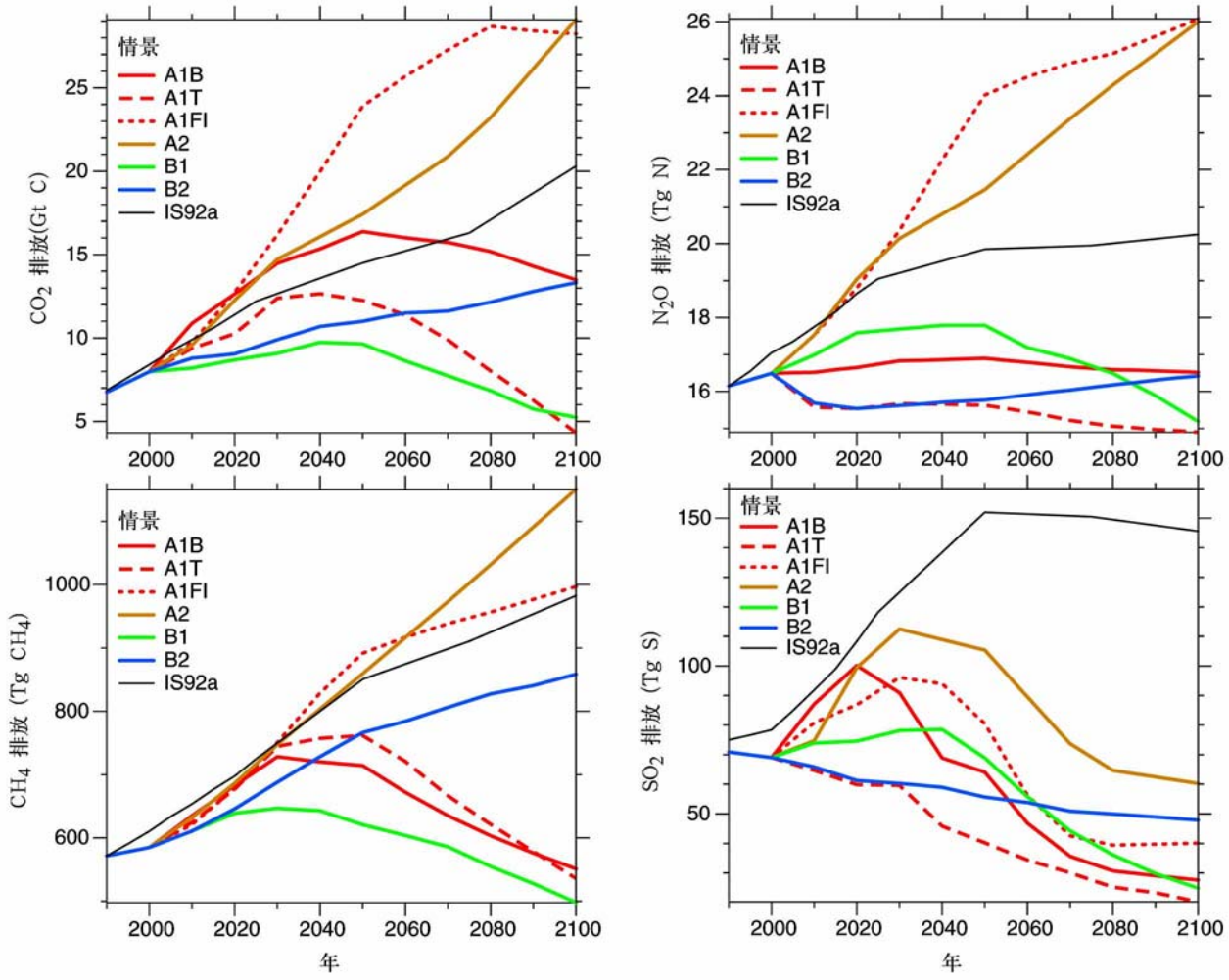


图17：6个SRES示例性情景A1B，A2，B1和B2，A1FI和A1T中，CO_2，CH_4，N_2O和二氧化硫的人为排放量。为了对比，还给出了IS92a情景的结果。[根据IPCC排放情景特别报告]

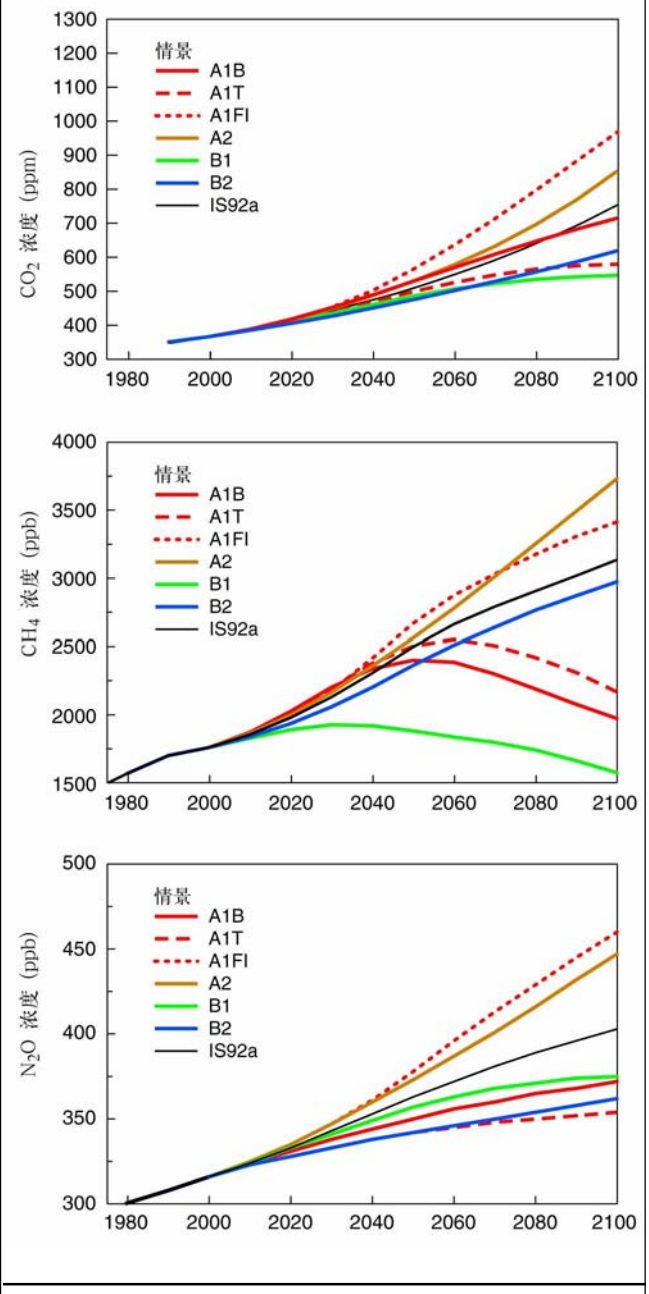


图 18：对 6 个 SRES 情景和 IS92a 情景，运用目前的方法计算出的大气 CO_2，CH_4 和 N_2O 浓度值。[根据图 3.12 和 4.14]

外，还将造成全球环境恶化。由于提高对流层臭氧的本底水平，SRES A2 和 A1FI 情景预计的变化将使全球大部分地区空气质量下降。在北半球中纬度地区的夏季，近地面 O_3 的浓度平均升高 30ppb 或更多。其本底水平将提高到 80ppb，这将使大多数都市甚至农村地区难以达到现有的空气质量标准。农作物和森林生产力也会遭到损失。这个问题会跨越大陆边界，并在半球尺度上与 NO_x 的排放发生耦合和相互作用。

除了硫和黑碳外，模拟表明气溶胶浓度和排放之间为线性关系。决定黑碳清除速率的过程实际上在模式之间有很大不同，这导致黑碳未来浓度的预测具有很大不确定性。自然气溶胶例如海盐、灰尘以及气溶胶气相前体物如萜烯、二氧化硫（SO_2）和二甲基硫化物等的排放可能会由于气候和大气化学的变化而增加。

6 个示例性 SRES 排放情景几乎覆盖了整套 SRES 情景的所有强迫因子范围。图 19 给出了 1765 到 1990 年期间总的历史人为辐射强迫估算量，同时也给出了 6 个 SRES 情景的辐射强迫量。图中 35 个 SRES 情景的辐射强迫范围用一个阴影区域表示，原因是单个情景的辐射强迫随时间变化会产生交叉。生物质燃烧气溶胶产生的直接强迫以毁林速率表示。SRES 排放情景包括了人为气溶胶（例如磷酸盐气溶胶，生物质气溶胶，黑碳和有碳机气溶胶）排放增加或减少这两种可能性，这取决于化石燃料利用程度以及减少污染物排放的政策。这些 SRES 情景不包括非硫酸盐气溶胶排放量的估算。该报告中提出了两个预测这些气溶胶排放量的方法：第一种方法以 CO 为参照来估算化石燃料和生物质气溶胶的排放，而第二种方法以 SO_2 的排放和毁林为参照。只有第二种方法用于气候预测。为了对比，也给出了 IS92a 情景的辐射强迫。很明显，这些新的 SRES 情景与 IS92 情景相比，涵盖的范围更大。这主要是因为 SRES 情景同 IS92 情景相比降低了未来的 SO_2 排放量，而且一些 SRES 情景的累积碳排放量也较大。

在几乎所有的 SRES 情景中，CO_2、CH_4、N_2O 和对流层臭氧的辐射强迫持续增强。其中 CO_2 辐射强迫占总辐射强迫的比例将从一半提高到 3/4。由于采取抑制平流层臭氧损耗的控制措施，消耗臭氧层气体所造成的辐射强迫得以下降。直接气溶胶（硫酸盐和黑碳及有机碳化合物）的辐射强迫（相对于 2000 年）在各情景中是不同的。直接气溶胶加间接气溶胶的作用在数量上比 CO_2 的作用要小。对未来强迫的空间分布未作估算。简单气候模式的计算考虑了气溶胶对云的间接影响，与 SO_2 排放呈非线性关系，同 SAR 一样，计算时假定当前日辐射强迫量为 $-0.8 Wm^{-2}$。

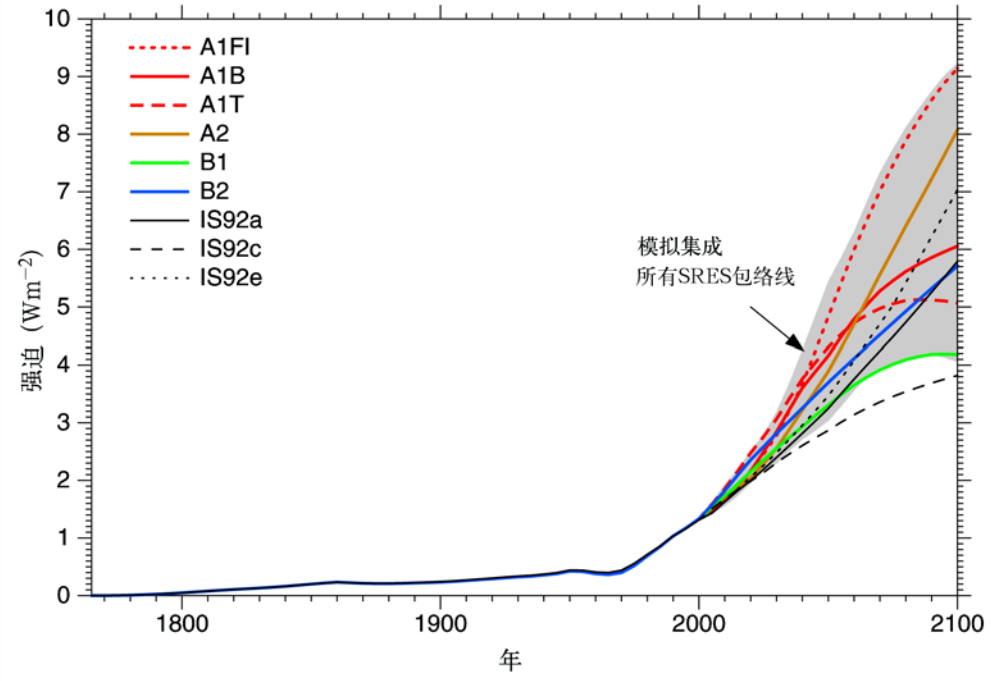


图 19： 简单模式结果：至 2000 年的历史人为辐射强迫估算量，和 6 个 SRES 示例性情景的辐射强迫量。图中阴影区域涵盖了 35 个 SRES 情景的辐射强迫范围。计算方法基本完全采用各章中描述的方法。这些数值是基于 7 个 AOGCM CO_2 加倍条件下的辐射强迫得出的。利用同样的计算方法，也给出了 IS92a，IS92c 和 IS92e 强迫值。[根据图 9.13a]

F.3 未来温度变化的预测

AOGCM 的结果

*气候敏感性可能处在 1.5℃–4.5℃范围内。与 1990 年IPCC第一次评估报告及第二次评估报告相比，该估算没有发生变化。*气候敏感性是指在 CO_2 浓度加倍的情况下全球表面温度的平衡响应。由于气候模式及其内在反馈机制的不确定性，尤其是与云相关过程的反馈机制的不确定性，致使估算出的范围往往偏大。IPCC 本次评估报告中第一次使用瞬时气候响应（TCR）。TCR 定义为在 CO_2 浓度加倍时间范围内以 1%/ 年速度增加的试验中，全球平均地表温度所发生的变化。假定这种二氧化碳浓度升高速率反映了所有温室气体的辐射强迫。TCR 综合了模式敏感性各种要素及影响响应的因子（例如海洋的热吸收）。目前 AOGCM 使用的 TCR 范围为 1.1℃–3.1℃。

*模式中引入硫酸盐气溶胶的直接效应，将减缓 21 世纪中叶全球平均增暖的幅度。*与两个模式对同一强迫的响应方式相比，对于一个给定的模式，在有无硫酸盐气溶胶影响的两种情况下，其地表温度的响应方式更为相似。

*模式推算出几个大尺度气候变量的变化。*由于气候系统辐射强迫的变化，陆地增暖速度和幅度大于海洋，并且在高纬度地区出现强的相对变暖。根据模式推算，在北大西洋和环南极海域，相对于全球平均来说，出现较小的地表气温升高；在许多地区，气温的日变化范围缩小，夜间最低温度的增加大于白天最高温度的增加。许多模式表明，在北半球陆地，冬季地表气温日变化总的来说减小，而夏季日变化增大。由于气候变暖，推算结果显示冰雪覆盖和海冰的范围将缩小。所有这些变化与近年来的观测趋势一致，正如 B 章节所述。

*将AOGCM对一系列情景进行的多模式集合预报用于量化平均气候变化和模式模拟结果的不确定性。*到 21 世纪末（2071–2100年），全球平均表面气温的平均变化，相对于 1961–1990 年，对 A2 标示性情景草案为 3.0℃（1.3℃–4.5℃），对B2标示性情景草案为2.2℃（0.9℃–3.4℃）。与其低 CO_2 浓度增长率相一致，B2 情景下模拟出一个较小的变暖趋势。

*对于几十年的时间尺度，尽管在气候敏感性方面存在不确定性，目前观测到的增暖率可以用来约束既定排放情景下推算出的响应。*通过对简单模式的分析以及AOGCM模式对理想化的强迫情景响应的比对，发现未来几十年对大多数排放情景来说，大尺度温度预测的误差可能会随总体响应幅度的升高而相应地升高。当前所观测到且归因于人类影响的增暖速率及其不确定性，在大多数情景下，为数十年预测提供了与模式相对无关的不确定性估算量。为了与近年来的观测事实相符，在IS92a情景下，未来几十年人为增暖的幅度可能位于0.1℃–0.2℃／十年之间。这个结论很类似于图22中所示的在此情景下七个简单模式模拟出的响应范围。

*在SPES情景试验中，对不同情景地理响应特征大部分都是类似的（见图20），理想化的1%CO_2浓度增加积分试验也具有类似的特征。*1%CO_2浓度增加试验，此试验不含硫酸气溶胶，与SPES试验最大的差异在于，SPES试验中工业化地区硫酸盐气溶胶的负强迫最大，变暖呈现区域性缓和。在第二次评估报告中只有两个模式提及这种区域效应，但现在的大多数模式都能模拟反映出该效应。

*同全球平均相比，很有可能几乎所有的陆地将会更加迅速地增暖，尤其在北半球高纬度的冬季更是如此。*目前，由SPES A2和B2排放情景驱动的AOGCM模式的模拟结果（见图21）表明，对于每一个模式，模拟出的冬季所有高纬度北部地区的增暖幅度均超过全球平均增暖率40%以上（所考虑的模式和情景范围为1.3℃–6.3℃）；在夏季，中亚和北亚增暖速率超过全球平均速率的40%，只是在南亚、南美洲南部的6/7/8月份期间、东南亚两个季节，模式模拟结果一致显示其增暖速率低于全球平均。

简单气候模式模拟结果

*受计算费用的制约，AOGCM只能在一定数量的情景下运行：*经过调试和校准，一个简单模式可体现出全球平均的AOGCM响应，这样可以在大多数情景下进行模拟运行。

*在1990–2100年期间，全球平均地表温度预计升高1.4到5.8℃（图22（a））。*这些结果涵盖是在所有35个SPES情景下得到的并基于许多气候模式得出的。[6, 7] 预计的温度升高要比SAP的预测值大，SAP根据6个IS92情景计算得出的范围大约是1.0–3.5℃。预测的温度较高且变化范围较大主要是因为SPES情景与IS92相比降低了SO_2的排放。根据古气候资料，预计的变暖速率比20世纪已观测的变化大得多，并且很可能至少在过去10000年间也没有过这样的先例。

*以全球平均温度变化作指标，SPES情景的相对排序会随时间而变化。*尤其是对于较高化石燃烧利用的情景（既高CO_2排放量，例如A2），SO_2排放量也很高。短期内（大约到2050年），情景（例如A2）中高的SO_2排放量显著减缓了因温室气体排放增加而引起的变暖。在情景B1和B2中，可看出相反的作用，情景中既降低了化石燃料的排放量，也降低了SO_2的排放量，却导致了近期的大幅度变暖。从长期来看，生命期长的温室气体如CO_2和N_2O，它们的排放水平是最终气候变化的主要决定因子。

*到2100年，SPES情景排放量的差别和不同的气候模式响应对全球温度变化的不确定性具有大致相同的影响。*辐射强迫的不确定性导致更多的不确定性出现。其中最大的辐射强迫不确定性是由硫酸盐气溶胶引起的。

F.4 未来降水变化的预测

*全球平均水汽、蒸发量和降水量预计会增加。在区域尺度，降水的增加与减少都已出现。*最近基于SPES A2和B2排放情景的AOGCM模拟结果（见图23）显示，高纬度地区夏季和冬季的降水可能会增加。在冬季，北半球中纬度地区、热带非洲和南极降水也有所增加。在夏季，东亚、南亚地区的降水有所增加。澳大利亚、中美洲和南部非洲的冬季降雨量持续降低。

*据一些的最新AOGCM模式、老的GCM模式和区域化研究结果，降水量的年际变率与平均降水量之间存在很强的相关性。*未来平均降水量的增加可能导致降水

[6] 基于物理的复杂气候模式主要用于未来气候变化的预测。为了拓宽情景范围，利用简单气候模式进行补充，以获得与复杂气候模式等价的温度和海平面响应。这种预测通过运行简单气候模式而进行，该模式的气候敏感度和海热通量需要和7个复杂气候模式进行校正。简单气候模式中应用的气候敏感度范围是1.7–4.2℃，与通常接受的1.5–4.5℃的范围具有可比性。

[7] 该范围不包括辐射强迫模拟过程中的不确定性，例如气溶胶强迫不确定性。包括了一个小的碳循环气候反馈机制。

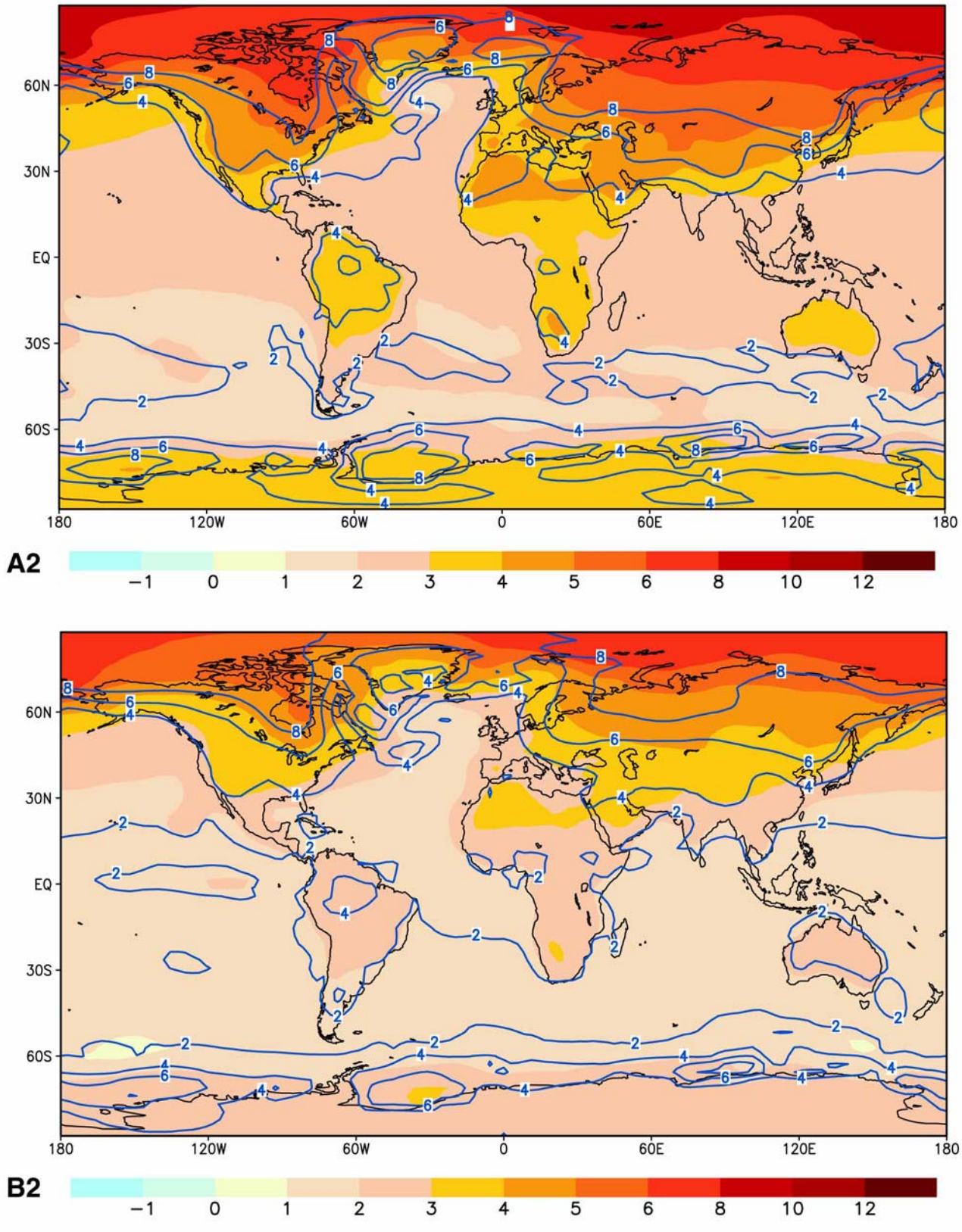


图 20：SRES A2 情景（上图）温度的年平均变化（彩影）及其年均变化范围（等值线）和 SRES B2 情景（下图）的相应温度年均温度变化及其范围（单位：℃）。两个 SRES 情景都给出了 2071–2100 年期间与 1961–1990 年期间的关系，都是由 AOGCM 来完成的。[根据图 9.10d 和 9.10e]

变率的提高，反之，降水变率的减小仅仅可能出现在平均降水量减少的地区。

F.5 极端事件未来变化的预测

直到最近，才将当前已观测的极端天气、气候事件变化与模式模拟的变化进行对比（见表4）。很可能几乎所有的陆地均出现越来越多的酷暑天气和热浪，这种增加预计主要在土壤湿度减少的地区最大。预计陆地上几乎所有的地方均发生日最低温度升高的现象，在冰雪消退的地区一般更为明显。霜冻天气和寒潮天气可能会越来越少，预计地表气温和地面绝对湿度的变化将导致热指数（温度和湿度的综合效应指标）的升高。地表温度的增加将导致“冷度日”（一天中温度超过某一临界值，需要降温的度量指标）的增加、“暖度日”的减少。根据推算，降水极端事件频繁发生，其增加的程度大于平均降水和降水强度增加的幅度。极端降水事件的频率在几乎所有地区预计都将增加。预测显示，夏季内陆地区将普遍干燥，这归因于温度的升高和潜在蒸发的共同作用，而这种共同作用并未被降水的增多所平衡。不同模式在关于中纬度风暴强度、发生频率以及变率的未来变化问题上没有多少一致性的证据。没有多少一致性的证据支持热带气旋的频率和形成源地将发生变化。然而，一些强度指标显示将会增强，而一些理论的和模拟的研究表明，这些强度的上限也将上升。热带气旋的均值和最大降水强度将可能明显升高。

对于其他一些极端现象，其中部分对环境和社会可能具有重要影响，目前还缺乏足够的信息来评估近期趋势，而且模式的信度和认识水平也不足以制作确定的预测。特别是，很小尺度的天气现象，如雷暴、龙卷、冰雹和闪电等不能用全球模式来模拟。对于中纬度气旋将如

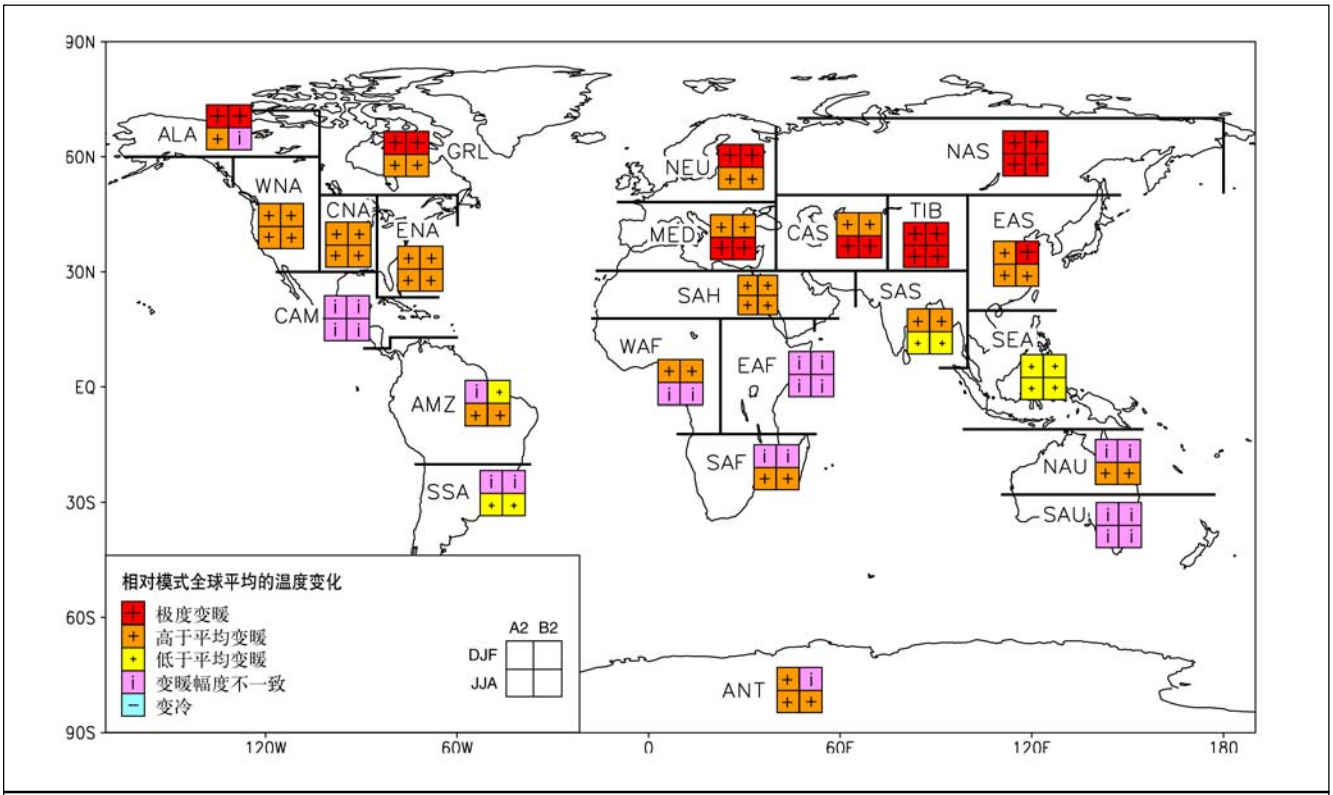


图21：关于区域性相对变暖的模式间一致性分析（这里的变暖是相对于每一个模式的全球平均变暖）。图中所示的区域划分遵照以下的原则：变暖幅度超过全球平均40%（极度变暖）；变暖大于全球平均（高于平均变暖）；变暖幅度小于全球平均（低于平均变暖）；或者模式间关于区域性的相对变暖幅度不一致（变暖幅度不一致）；当然也包括变冷的类型（从未发生）。这里的一致性结果是指9个模式中至少有7个模式结果一致。所用模式模拟出的全球年平均增暖幅度为：A2情景1.2℃−4.5℃，B2情景0.9℃−3.4℃。因此，区域性的40%的增幅表示增暖范围为：A2情景1.7℃−6.3℃，B2情景1.3℃−4.7℃。[根据第10章，方框1，图1]

何变化问题的研究仍显不足。

F.6 温盐环流未来变化的预测

大多数模式表明，北半球温盐环流（THC）正趋于减弱，这有助于减缓北大西洋北部表层海水的变暖。即使在温盐环流减弱的模式中，仍然存在欧洲的变暖，原因在

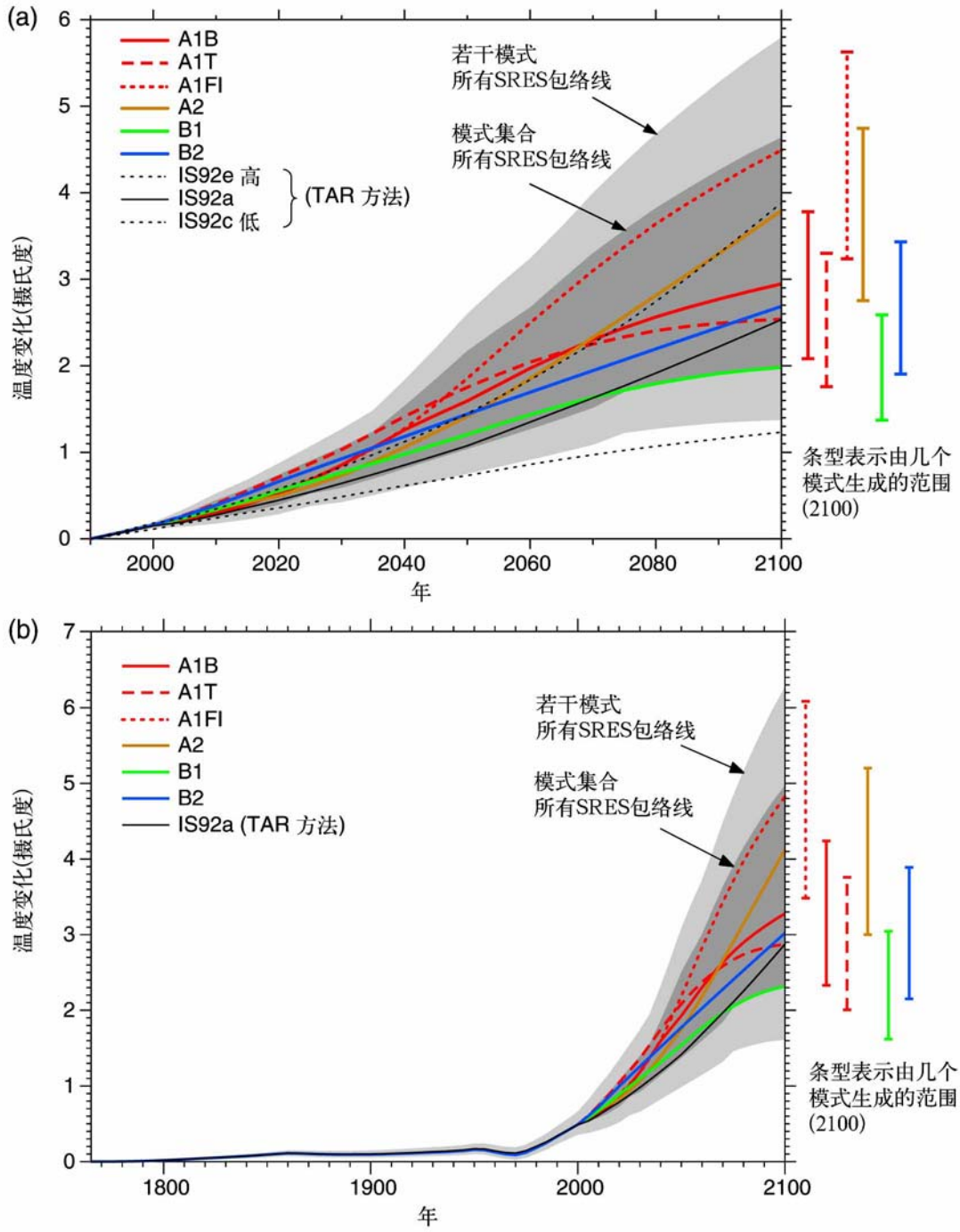


图 22：简单模式结果：（a）使用一个简单气候模式，经许多具有各种气候敏感性的复杂模式对比调试，预测出的在 6 种示例性 SRES 排放情景下的全球平均温度。为了比较，运用同样的方法计算了 IS92a 的情景。较暗的阴影表示，在使用平均模拟结果（平均气候敏感率为 2.8℃）情况下 35 种 SRES 情景的全部预测结果。较轻的阴影表示，所有 7 个模式的预测结果（气候敏感率为 1.7–4.2℃）。竖线表示，在 6 种示例性 SRES 情景下，通过 7 个 AOGCM 模式调试后，简单模式 2100 年预测值的变化范围。（b）除使用人类活动强迫历史资料外，其它与（a）一致。[根据图 9.14 和 9.13b]

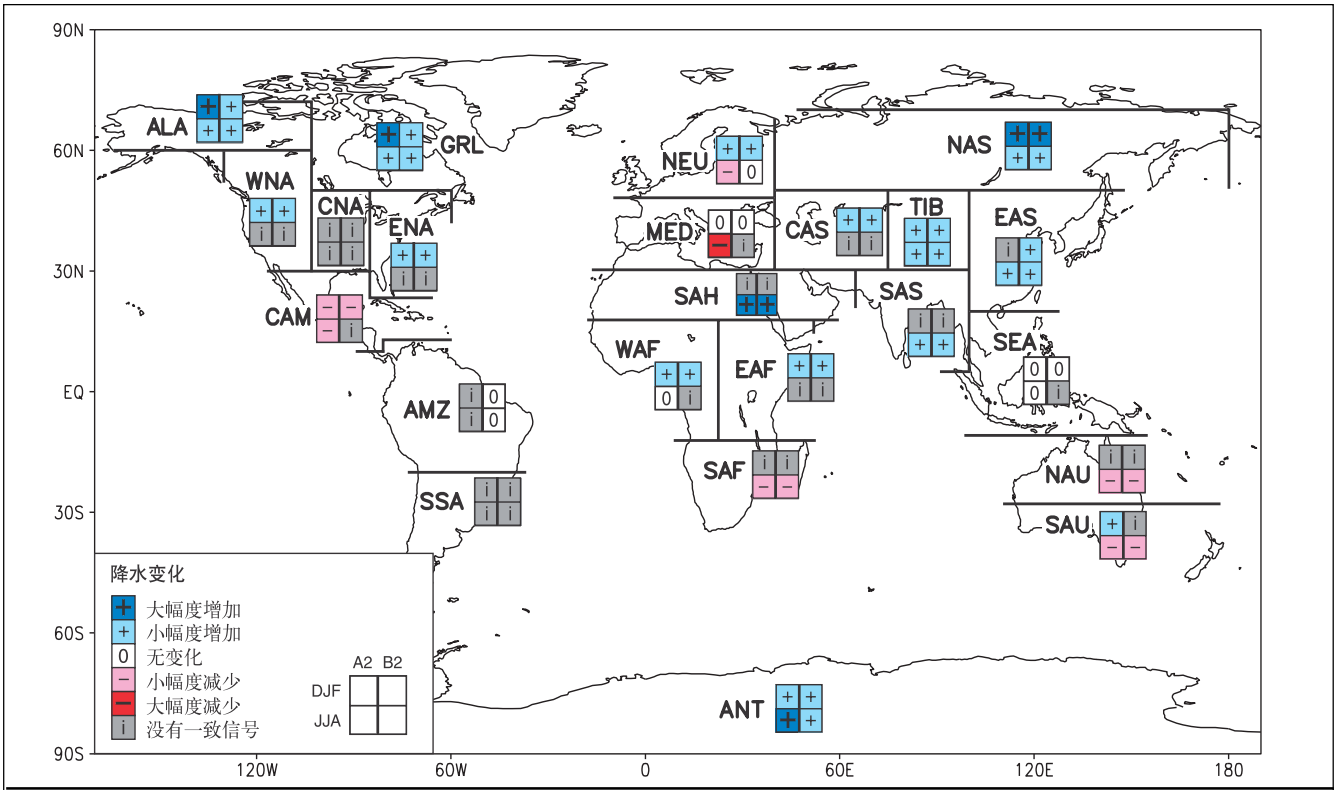


图 23：区域性降水变化的模式间一致性分析。图中所示区域划分遵照以下的原则：降水平均增加 20% 以上（大幅度增加）；降水平均增加 5%–20%（小幅度增加）；降水平均变化 −5%–5%（无变化）；降水平均变化为 −5%––20%（小幅度减少）；降水平均减少在 20% 以上（大幅度减少）；或者模式模拟结果不统一（没有一致信号）。一致性定义为 9 个模式中至少有 7 个模式的模拟结果一致。[根据第 10 章，框 1，图 2]

*于温室气体的增加。*在大气温室气体浓度稳定为目前值两倍的实验中，北大西洋温盐环流预计在一至几个世纪内将从初始的减弱状态恢复过来。只有在辐射强迫的变化速度足够大而且能维持足够长的时间的情况下，温盐环流才会在任一半球完全崩溃。模式指出，温盐环流的减弱将降低它自身对扰动的抵制能力，即一经减弱的温盐环流会表现为更不稳定，因而它的关闭就变得更加可能。但是，还没有把握说温盐环流不可逆的崩溃是否可能发生，或者在什么临界点上它才可能发生以及它的气候含义何在。目前，没有一个耦合模式的预测显示 2100 年以前温盐环流将完全关闭。虽然大多数模式给出了北大西洋温盐环流减弱的结果，但表层热通量和淡水通量的相对作用模式之间各不相同。在瞬时响应中，风应力的变化看上去作用很小。

F.7 自然变率模态的未来变化的预测

*许多模式显示出赤道太平洋地区为类似平均厄尔尼诺的响应，预计赤道中、东太平洋的海温增暖将强于赤道西太平洋，并伴随降水形势出现相应的平均东移。*尽管许多模式显示赤道太平洋表层海温平均态呈类似厄尔尼诺的变化，原因还是不确定的。在某些模式中这与云辐射强迫和/或东西向海表温度梯度的蒸发性抽吸有关。在复杂模式中，由于在对如何准确模拟厄尔尼诺问题上还存在若干缺陷，降低了对未来热带太平洋厄尔尼诺事件的发生频率、振幅、空间分布的变化预测的信度。目前的预测表明，未来100年内厄尔尼诺事件的振幅几乎不发生变化或略有增大。然而，尽管厄尔尼诺的振幅变化不大或不变，全球变暖也可能导致更严重的干燥和暴雨等极端事件，并且使得一些地区随着厄尔尼诺事件的增多发生干旱和洪涝的风险增大。同样可能发生的是，与温室气体浓度增加相关的气候变暖将引起亚洲夏季风降水变率的增大。季风平均维持时间和强度的改变依赖于排放情景的详细过程。这类预测的可信度受到气候模式模拟季风在季节演变细节上的好坏程度的制约。在诸如北大西洋涛动这类变率的自然发生模态的频率和结构的变

表4：观测和预计的天气、气候极端事件的可信度估算。表中描述的是对观测到的20世纪下半叶极端天气、气候事件的变化（左栏）和预计的21世纪极端事件的变化（右栏）的信度评估[a]。该评估基于专家的判断结果，不仅依赖于观测和模式模拟的研究成果，而且取决于通用情景下未来预测的实际合理性（见脚注4）。（根据表9.6）

观测变化的信度 *（20世纪下半叶）*	*发生变化的现象*	*预计变化的信度* *（21世纪）*
可能	几乎所有陆地上出现较高的最高温度、更多的酷热天气	很可能
很可能	几乎所有陆地上出现较高的最低温度、较少的寒冷、霜冻天气	很可能
很可能	大部分陆地气温日变化幅度减少	很可能
可能，很多地区	陆地热指数[8]增高	很可能，大部分地区
可能，北半球中高纬度的许多地区	更大强度的降水事件发生[b]	很可能，很多地区
可能，有些地区	大陆更加干燥及相应的干旱风险增加	可能，大部分中纬度内陆地区（其它地区缺少连续的预测资料）
有限的分析资料中没有观测到	热带气旋峰值风速强度增加[c]	可能，某些地区
缺乏资料进行评估	热带气旋平均和峰值降水强度增加	可能，某些地区

[a] 详情见第2章（观测）和第9、10章（预测）。
[b] 其它地区要么缺乏资料，要么分析存在矛盾。
[c] 过去和未来热带气旋位置和频率的变化是不确定的。

化问题上还没有明显的一致性，也就是说，模式之间变化的幅度和特征各不相同。

F.8 陆冰（冰川、冰盖和大冰原）、海冰和雪盖的未来变化预测

*21世纪，冰川和冰盖将继续它们本来已经广泛蔓延的消退，而北半球的雪盖和海冰预计也将进一步减少。*目前已经开发了一些方法，用于估计那些起因于季节性和地理性地面气温变化的从属型冰川融化，这些结果来自大气海洋环流模式（AOGCM）试验。模拟研究表明，全球平均情况下，冰川体的演变主要是受气温变化而非降水变化的控制。

*南极冰盖可能会因为更大的降水而使总量增加，与此同时，格陵兰冰盖则可能由于径流的增加超过降水的增加而总量减少。*西南极冰盖（WAIS）已经吸引了特别的关注，原因在于它拥有足以使海平面抬升6米的冰总量以及这样的可能性，即当周围的冰架削弱可能导致冰层的迅速消退时与基底处于海平面以下相关的不稳定性。然而，目前普遍认为，在21世纪，产生于这种原因的接地冰损失会导致海平面的真正上升是非常不可能的，尽管其动力学问题仍未得到适当的认识，尤其是对于更长时间尺度的预测而言。

F.9 海平面的未来变化预测

*应用一些大气海洋环流模式，按照IS92a情景（包含硫酸盐气溶胶释放的直接作用），1990年至2100年期间全球平均海平面上升预计将在0.11 到 0.77 米范围内。*这一范围反映出模式存在着系统的不稳定性。导致这样的海平面升高的主要贡献有：

[8] 热指数：衡量人体舒适度的气温和湿度的联合指标。

- 21世纪加速的热膨胀贡献0.11到 0.43 米，
- 冰川贡献0.01 到 0.23米；
- 格陵兰贡献 −0.02 到 0.09米；
- 南极贡献−0.17 到 +0.02米。

同样包含在变化总量中贡献较小的因子如永冻土解冻、沉积物的沉积作用和自上一次大冰期以来因气候变化带来的仍存在的冰盖贡献。为了建立从不同SPES情景选择所得到的海平面升高的范围，应用了经过几个大气海洋环流模式调整过的简单模式关于热膨胀和陆冰变化的结果(F.3关于温度一节)。

*对于所有的SPES情景，预计在1990至2100年间海平面将升高0.09 至 0.88米（见图24），主要是热膨胀和来自冰川以及冰盖的质量损失造成的。*中值是0.48米，这相当于20世纪海平面上升速度的大约2至4倍的平均情况。在IS92情景基础上，第二次评估报告中海平面上升的范围是0.13至0.94米。尽管这次评估中温度变化比原来高，但海平面高度的预测却比原来略低，这主要是因为使用了降低冰川和冰盖的贡献的改进模式。如果陆冰的储量维持目前的比率，海平面高度的变化幅度可能在−0.21到0.11米之间。对大气海洋环流模式平均而言，对于21世纪上半叶这些SPES 情景得到的结果只相差0.02 米或更小。在2100年之前，这些结果将在大约中值的50%幅度范围内变化。而2100年以后，海平面升高的情况则严格依赖于排放情景。

模式结果在定性结论方面是一致的，即与全球平均海平面升高相比，海平面的区域变化幅度是非常大的。然而，由于模式间几乎没有多少相似性，大气环流模式预测的海平面变化的区域分布的信度还很低，尽管几乎所

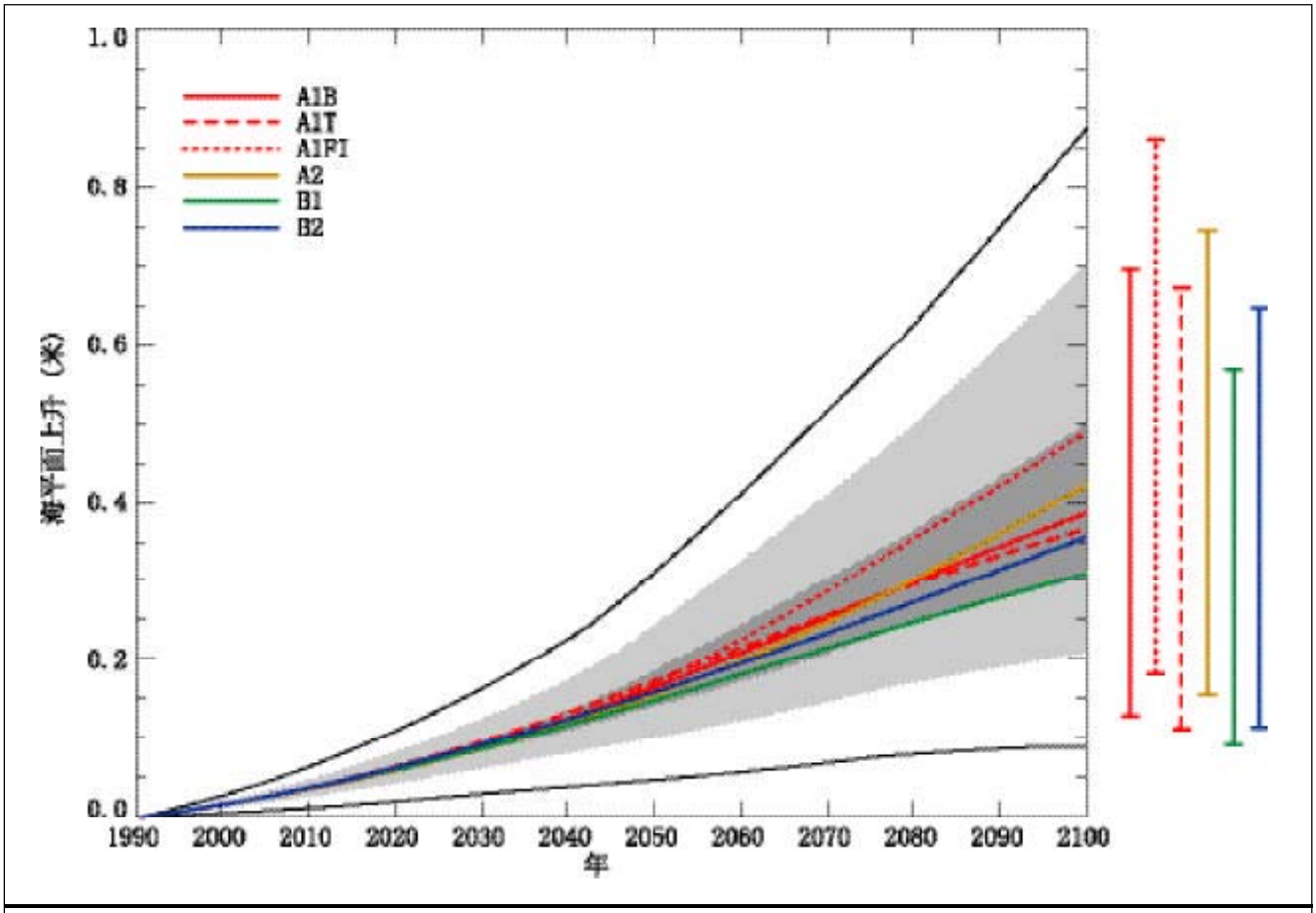


图24: SPES情景的1990至2100年全球平均海平面上升。热膨胀和陆冰的变化是利用一个分别对7个大气海洋环流模式较准过的简单气候模式计算得到的，而且已加入永久冻土变化、沉降物沉积的影响以及冰盖对于历史气候变化的长期调整的贡献。图中6条曲线分别代表了6种示例性情景下AOGCM的平均。深色阴影区域给出所有35种SPES情景下AOGCM的平均变化范围。浅色阴影区域给出所有35种SPES情景下所有AOGCM的变化范围。最外围曲线包含的区域为所有AOGCM和情景的幅度，这包含了陆冰变化、永久冻土变化和沉降物沉积的不确定性。注意该范围并没有考虑西南极冰盖中与冰动力变化有关的不确定性。[根据图11.12]

有模式都预测北冰洋海平面升高较平均值高，南半球海洋海平面升高较平均值低。另外，无论对于均衡说或运动说，陆地运动在21世纪都将继续以不受气候变化影响的速度在变化。可以预计，在2100年以前，目前正经历相对的海平面下降的许多地区将会被相对的海平面上升所替代。最后，作为平均海平面上升的一种结果，极端高水位将更加频繁地发生。如果气候变化引起风暴变得更加频繁或更加严重的话，极端高水位的频率可能进一步增大。

F.10 对CO_2浓度稳定廓线响应的未来变化预测

温室气体和气溶胶

*所有研究的稳定廓线都要求CO_2排放最终下降到低于目前的水平。*达到稳定的CO_2浓度水平450至1000ppm的人为CO_2排放速率可以用前述的CO_2廓线推算得到（图25a）。该结果（图25b）与第二次评估报告中的结果没有本质的差别；但是，结果的变化幅度比原来的更大，主要应归因于模式中不同假设造成的未来陆地碳吸收存在的变化幅度。CO_2稳定在450，600或1000 ppm要求分别在几十年、约1百年或2百年左右之内使全球的人为排放下降到低于1990年的水平，而且在那之后还要坚持稳定地降低排放。尽管海洋具有足够的吸收容量可以吸收大气中可预见的人为CO_2排放量的70−80%，但是由于海洋混合速度太慢使得这个过程需要耗费数百年的时间。结果是，尽管排放发生几百年以后，这些排放产生的浓度增量的1/4仍然残存于大气中。为了在2300年以后维持定常的CO_2浓度，就要求那时的排放量降低到可以与碳吸收率相平衡。具备持续千万年的能力的陆地和海洋自然吸收是小量的（<0.2 PgC/年）。

气温

*在未来CO_2浓度达到稳定水平后，由于海洋中的长时间尺度过程，全球平均气温将在数百年里持续以每世纪零点几度的速率升高。*利用经7个大气海洋环流模式校准的一个简单气候模式做的2.8℃的平均气候敏感性试验，研究了CO_2浓度廓线达到的450ppm 至1000ppm的稳定水平对气温的影响。对于所有达到稳定的途径，气候系统均表现出在21世纪及以后会明显增暖（见图26）。稳定的浓度越低，总的气温变化就越小。

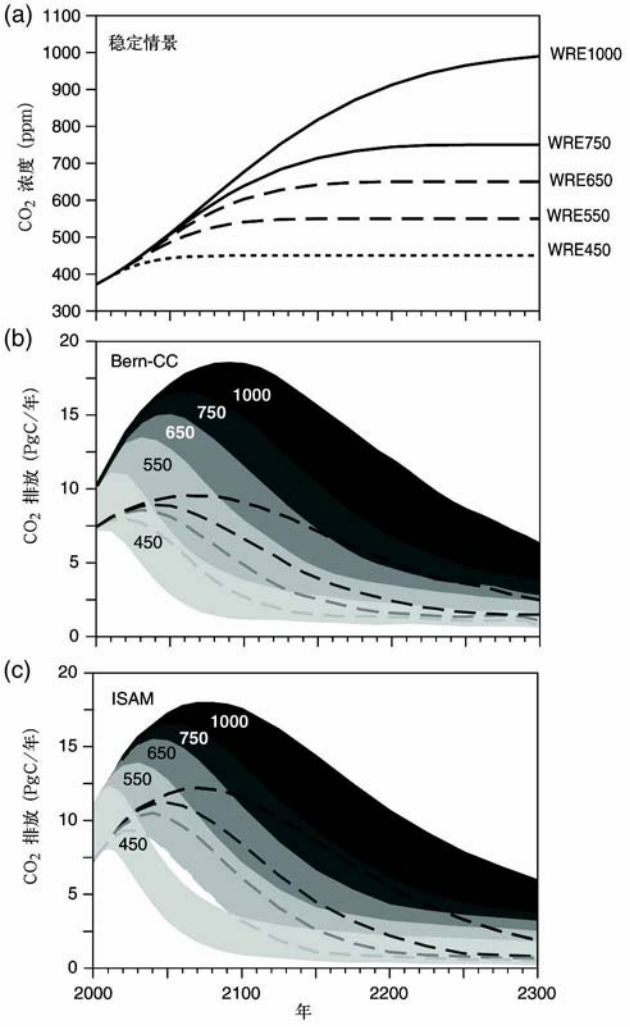


图25：在不同大气中CO_2浓度的稳定水平终值情况下预测的CO_2排放量。(a) 组代表假定的CO_2浓度轨迹（WRE情景），(b) 组和(c)组分别代表用两个快速碳循环模式即Bern−CC 和 ISAM预测的可能CO_2排放量。通过这样的方法，即把模式调试为近似对CO_2和气候响应的范围，来获得ISAM模式的范围。这种方法产生出一个关于碳循环响应中不确定性的下边界。而对于Bern−CC模式，其范围是通过将CO_2施肥效应行为的不同边界化的假定与异氧呼吸对温度和海洋的翻转时间的响应合并考虑来获得的，由此取得关于碳循环响应中不确定性的上边界。对于每一个模式，上下边界是由阴影区的上下边缘来确定的。相应地，下边界（隐蔽的）由一条底线来表示。[根据图3.13]

海平面

*如果温室气体浓度达到稳定（即使维持目前的水平），海平面在数百年年内仍将继续升高。*500年以后，热膨胀引起的海平面上升可能只能达到其最终水平的一半。模式预计在CO_2浓度为前工业时期的2倍和4倍时，海平

面上升的幅度分别为0.5到2.0米和1到4米。长时间尺度是将热量传入深海的弱扩散和慢环流过程的特点。

*总冰川体相当部分的减少是可能的。*目前的冰川边缘地区最可能变成无冰。

*即使气候进入了稳定状态，在未来几千年内冰盖也将继续对气候变化作出响应。*另外，目前南极洲和格陵兰的冰盖如果融化，它们所含的淡水量足以使海平面抬升约70米。因此，即使是冰盖中小量的变化也将产生显著的影响。

*模式预测，如果出现持续几千年的超过3℃的年平均局地变暖，将肯定导致格陵兰冰盖完全融化，并造成海平面抬升7米。*对于第11章中用到的所有模式，预测的格陵兰温度一般高出全球平均温度1.2到 3.1℃。对于中等幅度稳定情景那样格陵兰气温增暖5.5℃的情形（见图26），1000年后格陵兰冰盖可能将造成海平面抬升3米。当气温增暖8℃时，海平面抬升达6米，伴随着冰盖大量地消失。如果气温升高幅度较小，冰盖融化将变得相当缓慢（见图27）。

*目前的冰动力模式预测，在未来一千年内，即使冰架出现显著变化，西南极冰盖（WAIS）对海平面上升的贡献将不超过3毫米／年。*这些结果强烈依赖于模式对气候变化情景、冰动力和其他因子的假定。如果不考虑内在的冰动力不稳定性的可能性，表层融化将影响到南极冰盖的长期变率。如果变暖超过10℃，简单径流模式预计在冰盖表面净质量损失带将发展。一旦WAIS易于出现边缘融化和开始消退，它就不可能回撤到更高的地面上，因此将导致WAIS出现不可逆的瓦解。这种瓦解过程将至少需要几千年时间。由表面融化引起东南极冰盖彻底瓦解的临界值估计超过20℃的增暖，该情形在过去至少1500万年内未曾发生过，而且也远远超出了当前考虑的任何一种气候变化情景的预测结果。

G．不断提高的认识

前面几部分包含了对下列问题的介绍，即目前对过去和现在气候的认知程度、目前对气候系统中各种强迫和物理过程的认识以及它们在气候模式中得到多好的反映。以今天拥有的知识水平，最好的评价应该是能否检测出气候变化以及这种变化能否归因于人类影响。利用

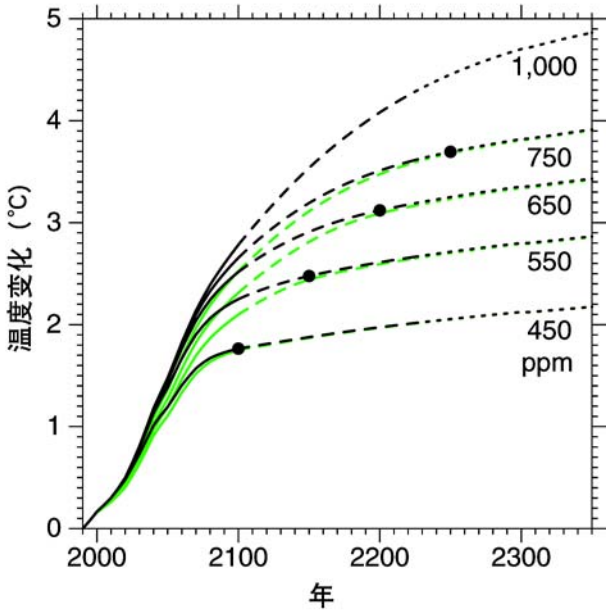


图26： 简单模式的结果：当CO_2浓度沿WRE廓线达到稳定时（见第9章的9.3.3节）预测的全球平均气温的变化。为了比较，在SAR中基于S廓线的结果也用绿色标出（S1000未给出）。结果是由一个与7个大气海洋环流模式校准的简单气候模式平均产生的。基线情景是A1B情景，它只对于2100年前来说是明确的。2100年以后，除CO_2以外的其他温室气体的排放被假定为维持A1B中2100年的值。根据CO_2浓度的稳定水平，图中对各种预测作了标识。2100年以后的断线表明在简单模式对于2100年以后的结果中不确定性增加。黑点代表CO_2出现稳定水平的时间。对于WRE1000廓线而言，稳定水平年份是2375年。[根据图9.16]

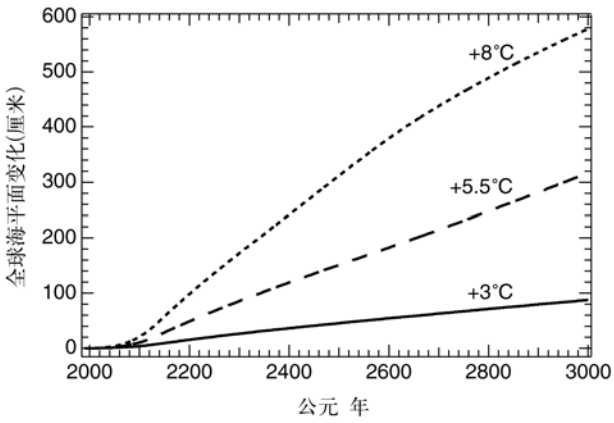


图27：在同等的海平面高度变化情况中格陵兰冰盖的响应，这些响应是对于在第3个千年期间的三种气候变暖情景而出现的。曲线标识指的是公元3000年之前格陵兰年平均气温的增温量，这是一个两维气候和海洋模式的预测结果，该模式考虑了温室气体浓度在公元2130年之前的上升和之后维持定常的强迫。注意，对于第11章中使用的模式，预测的格陵兰温度一般比全球平均温度高出1.2到3.1倍。[根据图11.16]

今天可用的最好的手段，可以制作对于不同的温室气体排放情景未来气候将如何变化的预测。

这一部分将从一个不同的角度展望未来。从温室气体和气溶胶的排放到它们对气候系统和社会产生影响整个过程中的每一个环节，都存在着不确定性（见图28）。许多因素继续制约了我们对目前气候变化的检测、原因分析和了解的能力，以及对未来气候变化可能是何种情形的预测。在以下九个广泛的领域需要做深入的工作。

G.1 资料

*在世界许多地区出现的观测网倒退的状况应该得到控制。*除非观测网有了显著提高，否则在全球许多地区就很难或者说不可能检测出气候变化。

*扩大气候研究的观测基础以便提供具有宽广的时间和空间覆盖范围的准确、长时间资料。*考虑到气候系统的复杂性和内在的几十年时间尺度过程，需要长时间的、具有一致性的资料来支持对气候和环境变化的研究和预测。目前和近期历史的资料，过去数百年和数千年与气候相关的资料，都是需要的。极区资料和能用于对全球尺度的极端事件做定量评估的资料目前尤其缺乏。

G.2 气候过程和模拟

*估计更合适的未来温室气体和气溶胶的排放。*特别重要的是当前和将来能够在以下几方面取得实际的提高，即在温室气体特别是气溶胶的排放所造成的浓度，在解决生物地球化学的固碳和循环，尤其是在决定当前和未来 CO_2 的源和汇的时空分布上。

*更加全面地了解和刻画主要过程（如海洋混合）和大气、生物群落、陆地和海洋表层以及深层海洋中的各种反馈（如来自云和海冰的反馈）。*对于如何从总体上提高诊断预测能力，这些子系统、现象和过程是重要的，而且会有效地增加人们的注意力。观测与模式间的相互配合是取得进步的关键。非线性系统的快强迫会产生令人惊奇的发展前景。

*强调更加全面的长期气候变率分布型。*在模式计算和气候系统中都存在这一问题。模拟中，模式结果出现的气候漂移在某些部分需要进一步澄清，因为它使得信号和噪声的区分变得更加困难。就气候系统自身的长期自然变率而言，重要的是要理解这个变率以及提高现有对那些有序变率分布型如ENSO的预报能力。

*通过发展模式结果的多种集合预报，更全面地探索未来气候状态的概率特征。气候系统是非线性的、无序的耦合系统，因此要做出准确*的未来气候状态的长期预测是不可能的。因而更应该把焦点放在对系统的未来可能状态的概率分布预报上，这可以通过加强对模式结果的集合方法的研制来实现。

*提高全球或区域气候模式的完整体系，以提高对地区影响和极端天气事件的模拟。*这就要求在两个方面有进一步提高，即对主要的大气、海洋和陆地系统之间的耦合过程的认识，以及广泛的用于评估和提高模拟表现的诊断性模拟和观测研究。一个特别重要的问题是，对于解决极端事件的变化问题所需资料的充足性问题。

G.3 人类影响方面

*更正式地将物理的气候生物地球化学模式与人类系统模式联系起来，从而为拓宽的探索联系着地球系统中人类和非人类两大组成的可能因—果—因关系型奠定基础。*目前，人类的影响一般只通过对气候系统提供外部强迫的排放情景来考虑。未来需要更多的综合模式，这些模式中需要开始从一系列有贡献的活动、反馈和响应的角度考虑人类活动与物理、化学、生态子系统的动力学之间的相互作用。

G.4 国际框架

*通过加强国际框架的建设，加速国际社会对气候变化认识的进展，这对于协调国家的和学术机构的努力是必要的，因此研究、计算和观测的资源可能会成为最大的总体优势。*这个框架的要素存在于受国际科学联盟理事会（ICSU）、世界气象组织（WMO）、联合国环境规划署（UNEP）以及联合国教科文组织（UNESCO）支持的国际计划与项目中。在以下方面存在一种加强合作的相应需求，即在国际性的研究团体、一些地区研究能力建设，以及正如在这次评估的目标中提及的有效地描述与决策相关的研究进展。

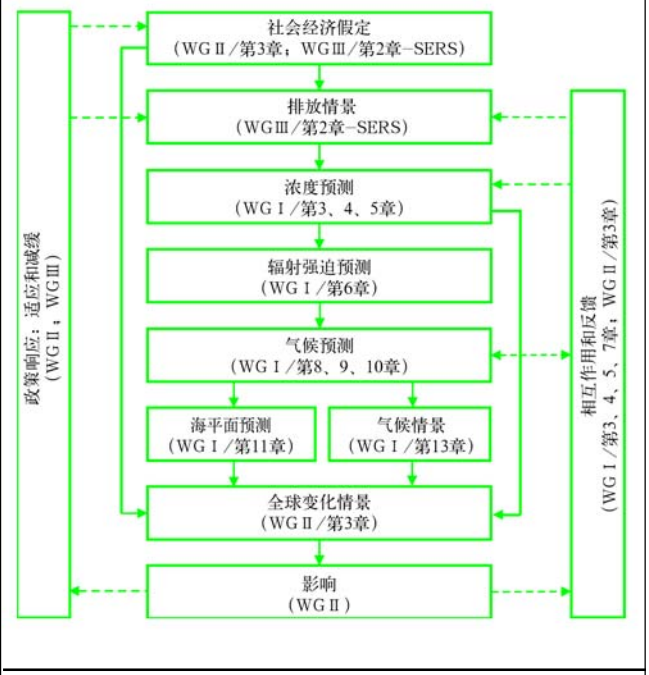


图 28：在开发气候变化影响、适应和减缓评估所需的气候和相关情景中应该考虑的预测中的不确定性梯次传递表。[根据图 13.2]

信息来源：技术摘要

本附件提供了技术摘要各标题页码和章节与详细报告各章节的交叉参阅。

A 部分：简介

TS 页码	技术摘要中的章节和标题－详细报告的章节
168	*A.1 IPCC 及其工作组* 对政府间气候变化专业委员会的介绍（来自IPCC 秘书处，日内瓦）或IPCC 的网站为http://www.ipcc.ch
168	*A.2 第一工作组的第一次和第二次评估报告* IPCC，1990a：气候变化：IPCC科学评估。J. T. Houghton，G.J. Jenkins 和J.J. Ephraums(eds.)，剑桥大学出版社，剑桥，英国，365 页。 IPCC，1992：气候变化 1992：IPCC 科学评估补充报告。J.T. Houghton，B.A. Callander 和S.K. Varney(eds.)，剑桥大学出版社，剑桥，英国，198 页。 IPCC，1994：气候变化 1994：气候变化的辐射强迫和对 IPCC IS92 排放情景的评价。J. T. Houghton，L.G. Meira Filho，J. Bruce，Hoesung Lee，B.A. Callander，E. Haites，N. Harris 和 K. Maskell (eds.)，剑桥大学出版社，剑桥，英国，339 页。 IPCC，1996a：气候变化 1995：气候变化科学。第一工作组对IPCC第二次评估报告的贡献[J.T. Houghton，L.G. Meira Filho，B. A. Callander，N. Harris，A. Kattenberg 和 K. Maskell (eds.)]，剑桥大学出版社，剑桥，英国和美国纽约，572 页。
169	*A.3 第三次评估报告：本技术摘要* 这些问题的背景在第一章。 框 1：什么驱动着气候变化？— 第一章。

B 部分：气候系统中观测到的变化

TS 页码	技术摘要中的部分与专题章节
171−174	*B.1 观测到的温度变化* 器测记录中陆地和海洋的温度−2.2.2和2.3。

卫星和天气气球记录中表层以上的温度
−2.2.3和2.2.4。
来自器测记录前代用记录的表面气温
最近的1000年−2.3。
最近的冰河期和间冰期−2.4。

174−175 *B.2 观测到的降水和大气湿度变化*
陆地表面年降水−2.5.2。
水蒸汽−2.5.3。
云量−2.5.5。

175 *B.3 观测到的雪盖和陆−海冰范围变化*
雪盖和陆冰面积−2.2.5。
海冰面积−2.2.5。
北冰洋海洋厚度−2.2.5。

175 *B.4 观测到的海平面变化*
器测记录时期的变化
20世纪的潮汐资料−11.3.2。
框2：什么原因导致海平面变化？ −11.2。
器测记录前的变化−11.3.1。

175−176 *B.5 观测到的大气和海洋环流结构变化*
厄尔尼诺与南方涛动（ENSO）−2.6.2 和
2.6.3。
北大西洋、北冰洋和南极洲涛动−2.6.5 和
2.6.6。

176−177 *B.6 观测到的气候变率和极端天气气候事件变化*
暴雨和极端降水−2.7.2。
热带和温带风暴−2.7.3。

177−179 *B.7 整体图象：一个变暖的世界和气候系统的其他变化*
变暖的世界−2.8。
微小变化或不变−2.2.5和2.7.3。

C部分：引起气候系统变化的强迫因子

TS页码 技术摘要中的部分与专题章节

180−185 *C.1 观测到的全球均匀混合的温室气体浓度及其辐射强迫变化*
二氧化碳−3.2.2，3.2.3，3.3.1，3.3.2和
3.5，6.13。
甲烷−4.2.1和6.13。
氧化亚氮−4.2和6.13。
卤烃及相关混合物−4.2.2和6.13。

185−186 *C.2 其它重要辐射强迫气体变化的观测*
大气中的臭氧−.2.2，4.2.4和 6.13。

186−187 只具有间接辐射影响的气体−4.2.3和 6.13。

C.3 气溶胶变化的观测和模拟

187 气溶胶变化的观测和模拟−5.1，5.2，5.3，5.
4，6.7和6.8。

C.4 观测到的其它人为强迫因子变化

187−188 土地利用（地面反照率）的变化−6.13。

C.5 太阳活动和火山活动变化的观测和模拟

188 太阳活动和火山活动变化的观测和模拟−6.10。

C.6 全球增暖潜能

全球增暖潜势−6.12。

D部分： 气候系统及其变化的模拟

188−193 TS页码 技术摘要中的部分与专题章节

D.1 气候过程与反馈
框3：气候模式：它们是如何建立并如何应用
的？ −8.3。
水汽−7.2.1。
云−7.2.2，7.2.3和8.5.1。
平流层−7.2.4和7.2.5。
海洋−7.3和8.5.2。
冰雪圈−7.5和8.5.3。
陆地表层−7.4和8.5.4。

193−194 碳循环−3.6。

D.2 耦合系统
自然变率的型−7.6和8.7
框4：厄尔尼诺／南方涛动（ENSO）−7.6.5
和8.7.1。
温盐环流−7.3.7，7.7和 9.3.4。

194−195 非线性事件和快气候变化−7.7。

D.3 区域化技术
技术目录−10.1，10.2和13。
低分辨率的大气海洋环流模式−10.3和13。

195−196 高分辨率的辐射对流模式−10.5和13。

D.4 能力的总体评价
通量调整−7.2，7.3，7.6，8.4和8.9。
20世纪的气候−8.6。
极端事件−8.8。
年际变率−8.7。
模式比较−8.6.2和8.10。

E部分：人类对气候变化影响的辩认

TS页码　技术摘要中的部分与专题章节

196　*E.1 检测和归因分析的意义*
检测／归因分析－12.1.1和 12.2。

196–197　*E.2 一个更长的，经过更仔细核查的观测记录。*

197　*E.3 内部变率新的模式估计*
过去的3个五年－12.2.1。

197　*E.4 对自然强迫响应的新估计*
仅是自然强迫－12.2.3。

197–198　*E.5 估计气候变化信号的敏感性*
对人为强迫的响应－12.2.3
显著的人为强迫的贡献－12.2.3。

199　*E.6 广泛分布的检测技术*
温度－12.3和12.4
海平面－11.4。

199–201　*E.7 在检测和归因中存在的不确定性*
总结－12.5。

201　*E.8 概要*
过去50年观测的大部分变暖现象－12.6。

F部分：地球未来气候预测

TS页码　技术摘要中的部分与专题章节

201–202　*F.1 IPCC排放情景特别报告（SPES）*
SPES情景－6.15.2，SPES报告。
框5：排放情景特别报告中的排放情景
－6.15.2，SPES报告，附录Ⅱ。

202–204　*F.2 温室气体和气溶胶未来变化的预测*
CO_2浓度曲线－3.3，3.7和附录Ⅱ。
陆地生态系统中的碳存量－3.2和3.6。
非CO_2温室气体浓度－4.3，6.15和附录Ⅱ
间接温室气体的排放与大气化学－4.4.4，4.4.5和6.15。
间接温室气体的排放与空气质量－4.4.5。
气溶胶浓度对于排放的依赖性－5.5，6.15和附录Ⅱ。
预测的气溶胶排放和SPES情景－5.5。
辐射强迫－6.15和附录Ⅱ。

205–206　*F.3 未来温度变化的预测*
大气海洋环流模式结果－9.3。
简单气候模式结果－9.3。

206　*F.4 未来降水变化的预测*
全球平均降水及变率－9.3。

208　*F.5 极端事件未来变化的预测*
极端事件的变化－9.3.6。

209–210　*F.6 温盐环流未来变化的预测*
温盐环流的减弱－9.3.4。

210　*F.7 自然变率模态的未来变化预测*
自然变率模态的变化－9.3.5。

211　*F.8 陆冰（冰川、冰盖和大冰原）、海冰和雪盖的未来变化预测*
冰川、冰盖和大冰原－11.5.4。

211–213　*F.9 海平面的未来变化预测*
全球平均海平面变化－11.5.1。
区域海平面变化－11.5.2。
海平面的极值－11.5.3。

213–214　*F.10 对CO_2浓度稳定廓线响应的未来变化预测*
温室气体与气溶胶－3.7.3。
温度－9.3.3。
海平面－11.5.4。

G部分：逐步提高认识

TS页码　技术摘要中的部分与专题章节

215　*G.1 资料*
观测网和观测系统现状恶化－14.2.1。

215　*G.2 气候过程和模拟*
温室气体与气溶胶－14.2.6。
过程－14.2.3。
变率的类型－14.2.2。
模式结果的集成－14.2.2。
模式的层次－14.2.2。

215　*G.3 人类影响方面*
物理系统／人类系统－14.3，13.1。

215　*G.4 国际框架*

气候变化 2001：
影响、适应性和脆弱性

第二工作组摘要

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第二工作组报告

第二工作组报告技术摘要

此报告已为IPCC第二工作组接受，但未经详细批准。

第二工作组对政府间气候变化专业委员会第三次评估报告的部分贡献

目录

决策者摘要 221

技术摘要 237

1. 评估范围和手段 238
   1.1 评估授权 238
   1.2 什么是潜在危机? 238
   1.3 评估手段 239
   1.4 不确定性的处理 240

2. 评估的方法和工具 240
   2.1 用指示性物种或系统检测对气候变化的响应 241
   2.2 预测未来气候变化的影响 242
   2.3 综合评估 242
   2.4 成本和估价 242
   2.5 决策分析框架 243

3. 未来变化情景 243
   3.1 情景及其作用 243
   3.2 社会经济、土地利用和环境情景 243
   3.3 海平面上升情景 243
   3.4 气候情景 244
   3.5 21世纪的情景 244
   3.6 我们怎样改进情景及其应用? 245

4. 自然和人类系统 245
   4.1 水资源 245
   4.2 农业和粮食安全 249
   4.3 陆地和淡水生态系统 250
   4.4 海岸带和海洋生态系统 252
   4.5 人居、能源和工业 253
   4.6 保险及其他金融服务机构 255
   4.7 人类健康 259

5. 区域分析 261
   5.1 非洲 261
   5.2 亚洲 263
   5.3 澳大利亚与新西兰 267
   5.4 欧洲 270
   5.5 拉丁美洲 271
   5.6 北美 273
   5.7 极地地区 276
   5.8 小岛国 277

6. 适应性、持续发展和公平性 278
   6.1 适应能力 280
   6.2 发展、持续和公平 280

7. 全球性的问题及总结 282
   7.1 气候变化影响的观测 282
   7.2 关注气候变化的五个理由 285

8. 信息需求 289

气候变化 2001：
影响、适应性和脆弱性

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第二工作组报告

在IPCC第二工作组第六次会议（2001年2月13日－16日，瑞士，日内瓦）上详细批准了本摘要。这是IPCC关于自然和人类系统对气候变化的敏感性、适应性和脆弱性以及气候变化的潜在影响结果方面正式通过的声明。

根据下列作者提供的草稿：

Q.K. Ahmad,Oleg Anisimov, Nigel Arnell,Sandra Brown, Ian Burton, Max Campos, Osvaldo Canziani, Timothy Carter, Stewart J. Cohen, Paul Desanker, William Easterling, B. Blair Fitzharris, Don Forbes, Habiba Gitay, Andrew Githeko, Patrick Gonzalez, Duane Gubler, Sujata Gupta, Andrew Haines, Hideo Harasawa, Jarle Inge Holten, Bubu Pateh Jallow, Roger Jones, Zbigniew Kundzewicz, Murari Lal, Emilio Lebre La Rovere, Neil Leary, Rik Leemans, Chunzhen Liu, Chris H.D. Magadza, Martin Manning, Luis Jose Mata, James McCarthy, Roger McLean, Anthony McMichael, Kathy Miller, Evan Mills, M. Monirul Qader Mirza, Daniel Murdiyarso, Leonard Nurse, Camille Parmesan, Martin Parry, Jonathan Patz, Michel Petit, Olga Pilifosova, Barrie Pittock, Jeff Price, Terry Root, Cynthia Rosenzweig, Jose Sarukhan, John Schellnhuber, Stephen Schneider, Robert Scholes, Michael Scott, Graham Sem, Barry Smit, Joel Smith, Brent Sohngen, Alla Tsyban, Jean-Pascal van Ypersele, Pier Vellinga, Richard Warrick, Tom Wilbanks, Alistair Woodward, David Wratt, 和许多评审人员。

1. 引言

在政府间气候变化专业委员会（IPCC）第二工作组的报告《气候变化2001：影响、适应性和脆弱性》中，针对自然和人类系统对气候变化的敏感性、适应能力和脆弱性[1]，以及气候变化的潜在影响进行了评价。本报告以IPCC过去的评价报告为基础，同时重新检验了过去评估中的关键性结论，并纳入了最新的研究结果。[2, 3]

在IPCC第一工作组报告《气候变化2001：科学基础》中，评价了所观测到的气候变化、成因和未来气候的可能变化。第一工作组报告得出如下结论：20世纪全球平均表面温度已经升高了0.6±0.2℃。根据IPCC *排放情景特别报告（SPES）* 拟定的情景范围，模型预测认为到2100年全球平均地表温度将比1990年增加1.4oC～5.8oC，全球平均海平面将上升0.09～0.88米。这些预测表明，增温因地区而异，并伴有降水量的增减，同时还伴有气候变率的改变和某些极端气候事件频率和强度的改变。这是对自然和人类系统产生影响的气候变化的一般特征，是第二工作组评价工作的框架。现有的文献尚未分析预测变暖范围上限所对应的气候变化影响、适应性和脆弱性。

由IPCC成员国政府于2001年2月在日内瓦批准的本决策者摘要，描述了对气候变化影响、适应性和脆弱性的认识现状及其不确定性。更详细的内容可见报告全文。[4]本摘要的第二节提出了一些一般性发现，它们是综合整个报告中交叉信息得出的结果。每一个发现都针对气候变化影响、适应性及脆弱性的一个方面，每一个方面都极为重要。第三节介绍了气候变化对自然和人类系统影响的发现。第四节强调了世界上不同区域所关注的一些问题。第五节确认了为进一步认识气候变化潜在影响和适应性而需开展研究的优先领域。

2. 新发现

2.1 近来的区域气候变化，特别是温度升高，已经影响了许多自然和生物系统

已经观测到的证据表明，区域气候变化，特别是温度的升高，已经影响了世界上许多地方的各种自然和生物系统。业已观测到的变化的例子有：冰川退缩、永冻土融化、河湖水面结冰时间推迟和河湖冰面提早融化、中高纬度地区生长季延长、动植物范围向两极和高海拔地区扩展、某些植物和动物种群下降、树木提前开花、昆虫提前出现、鸟类提前孵化等（见图SPM-1）。在许多水生、陆地和海洋环境中，区域温度的改变同自然和生物系统业已观测到的改变间的相互关联已有文件资料证明。[2.1，4.3，4.4，5.7，和7.1]

上述结论和图SPM-1中表明的研究结果均源自文献调查。文献表明，20年以上的长期研究揭示生物和自然系统变化与区域温度变化相关[5]。在大多数情况下，检测出自然和生物系统发生变化的方向都是与已知变化机制一致的。在预计变化方向（没有提及幅度）上有可能观测到的偶然事件可以忽略不计。在世界很多地区，与降水有关的影响可能十分重要。目前，还缺少足够时间序列（20年以上）的气候与生物方面都有的系统资料，这些资料对评估降水的影响十分必要。

土地利用变化和人口等因子也对这些自然和生物系统产生影响，导致一些很难分清是由哪些特殊因子引起的具体变化。然而，综合考虑这些系统所观测到的变化，在方向上与预计温度变化的影响是一致的，在不同地方和／或区域上是关联的。因此，结合各种证据，可以得出*非常高信度*[6]的结论：即近来的温度区域变化已经对许

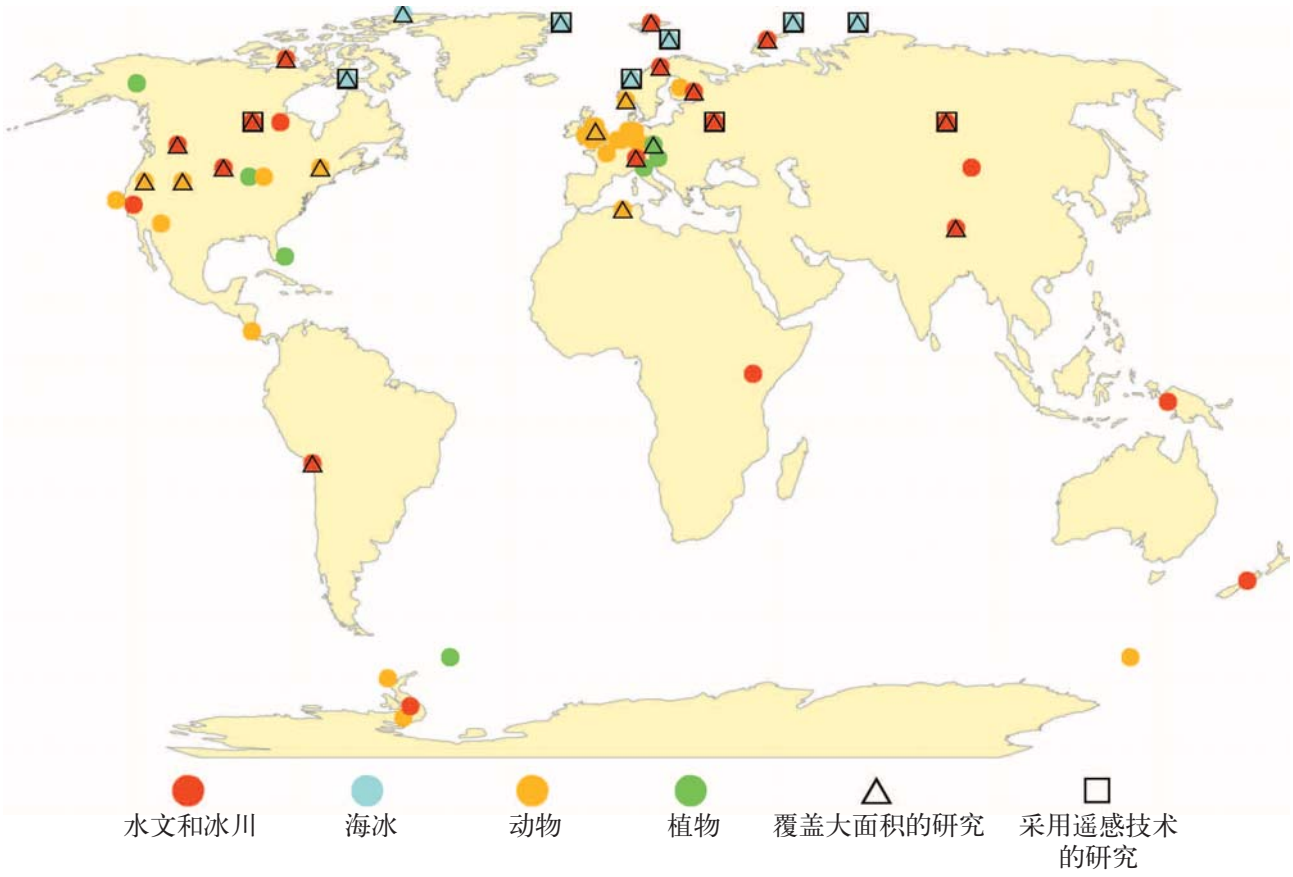
[1] 在IPCC，*气候变化*指无论由自然变率或人类活动引起的气候随时间的任何变化。该术语与气候变化框架公约不同，在该公约中气候变化指由人类活动直接或间接引起的气候变化，该变化会改变全球大气成分，它不包括在响应的时段内观测到的自然气候变率。第一工作组负责由自然驱动和人类活动形成气候变化的原因。

[2] 本报告由183名主要作者和主要作者召集人和243名撰稿作者完成，并经440个政府和专家评审人员评审，还有33名编审监督了整个评审过程。

[3] 来自100个IPCC成员国的代表团出席了2001年2月13-16日在日内瓦举行的第二工作组第六次会议。

[4] 技术摘要是一份更全面的总结，决策者摘要每段后方括号内标记内容为技术摘要中的相关段落号，以便读者得到更多的信息。

[5] 超过400种动植物的区域研究共有44个，这些研究的时间长度大约在20-50年，主要在北美、欧洲和南极地区进行。有16个区域研究涵盖了大约100种自然过程，这些过程发生在世界上大部分地区，时间变化长度为20到150年。详见技术摘要第7.1节。



图SPM–1：满足严格标准的、研究气候变化对自然和生物系统影响的、系统的和长期的站点。水文、冰川退却和海冰数据代表10年至100年的趋势，陆地和海洋生态系统数据代表至少20年的趋势。遥感研究覆盖了大范围的区域，单一或多种影响的数据都与已知自然生物系统对观测到的与温度有关的变化的响应机制是一致的。所报告的影响覆盖很大的范围，图中只选择代表性站点。

多自然和生物系统产生了可察觉的影响。

2.2 初步迹象表明，一些人类系统已经受到近来洪水和干旱增加的影响

新的证据表明，近来在一些地区频率增加的旱涝已经对一些社会和经济系统产生了影响。当然，这些系统也受到社会经济因子变化的影响，如人口变化和土地利用变化。一般而言，气候与社会经济因子相对作用的大小还难以定量分析。[4.6和7.1]

2.3 自然系统对气候变化是脆弱的，一些系统将受到不可逆转的危害

自然系统因其适应能力有限，对气候变化特别脆弱（见框SPM–1），其中一些系统会遭受重大的、不可逆转的危害。面临风险的自然系统包括：冰川、珊瑚礁及珊瑚岛、红树林、寒带和热带森林、极地和高山生态系统、大草原湿地、残余的天然草地等。气候变化可能使某些物种生存范围和数目增加，但同时也将使某些更脆弱的物种灭绝和生物多样性锐减的风险增加。*可以很确定地*[6] *说*，

[6] 在决策者摘要中，在需要表明信度判断的地方使用下述用语（根据作者们的综合判断，使用的观测证据、模拟结果和他们已经检验过的理论）：*非常高*（大于或等于95%），*高*（67–95%），*中等*（33–67%），*低*（5–33%），*非常低*（小于等于5%）。在其它情况下，利用定性的方式评估科学认识水平：*很确定*、*不完全确定*、*比较可能的解释和主观推测*。评估信度水平和科学认识水平的方法和名词的定义在技术摘要第1.4节和第三次评价报告的第一章中详细介绍。上述用语在决策者摘要使用时用脚注和*斜体*。

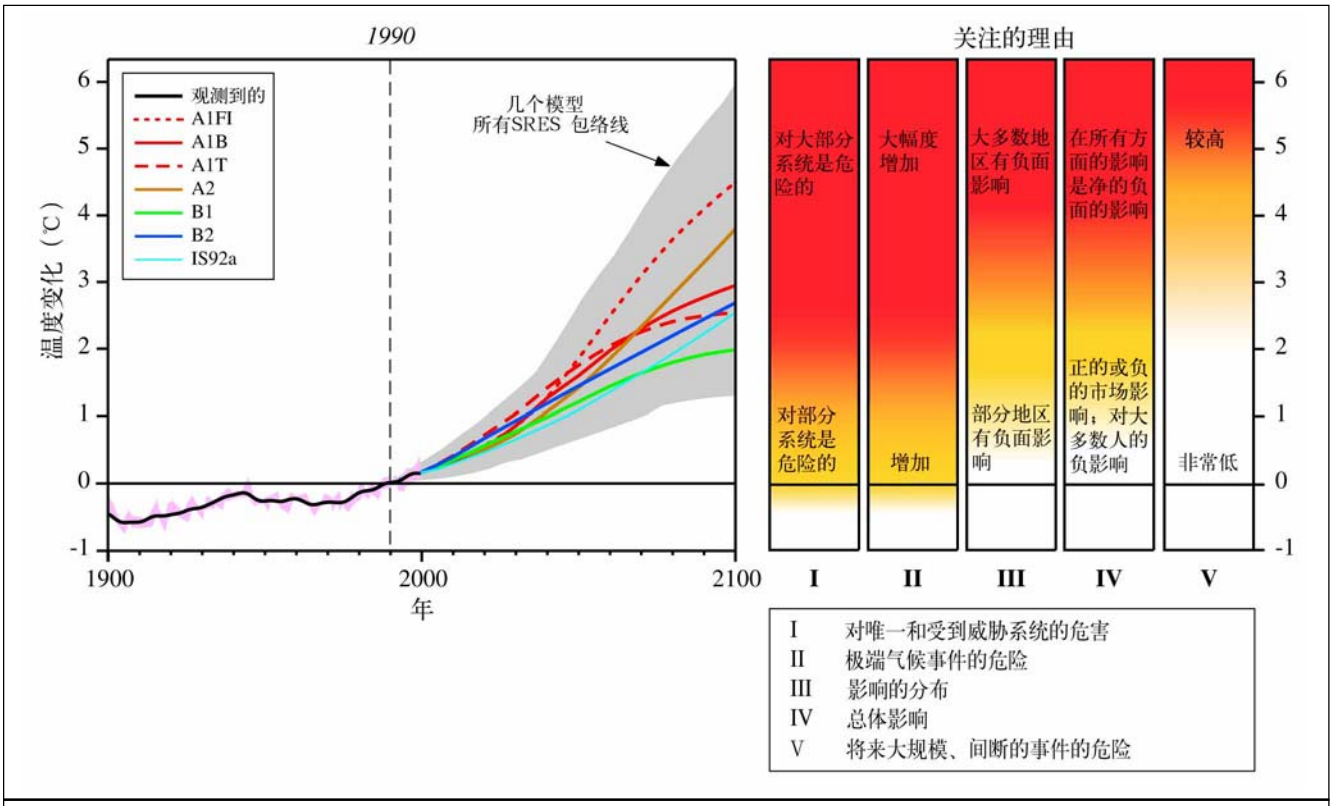


图 SPM–2：重视预计的气候变化影响的理由。气候变化不利影响的风险随气候变化的强度而增加。本图的左半部分显示，相对于1990年的观测温度增加和IPCC第一工作组《排放情景特别报告》中预计的温度增加幅度。图的右边概念性地显示出重视气候变化风险的5个原因。白色表明没有影响或微弱的影响，黄色表明对一些生态系统的负面影响或风险低，红色表明有大范围和／或较大强度的负面影响或风险。影响和风险的评估仅仅考虑变化的强度，而没有考虑变化的速率。图中用全球年平均温度代表气候变化的强度，但预计的影响则是全球和区域平均气候变化的强度和速率、气候变率和极端气候现象、社会和经济状况以及适应性的函数。

受危害或损失的地域范围，以及受影响的系统数目，将随着气候变化的幅度和速率的增加而增加（见图SPM–2）。[4.3和7.2.1]

2.4 很多人类系统对气候变化是敏感的，其中有些是脆弱的

对气候变化敏感的人类系统主要包括水资源；农业（特别是粮食安全）和林业；沿海地带和海洋系统（渔业）；人居环境、能源、工业、保险和其它金融服务以及人体健康等。这些系统的脆弱性会随着地理位置、时间、社会、经济和环境条件而变化。[4.1，4.2，4.3，4.4，4.5，4.6和4.7]

根据模式和其它方法研究，预计气候变化的不利影响包括：

- 在大部分热带、亚热带地区，大多数预测的温度升高通常会导致作物潜在产量减少；[4.2]
- 在大部分中纬度地区，在年平均温度升高超过几度时，作物潜在产量一般都要减少并伴有波动；[4.2]
- 在很多缺水地区，特别是在亚热带地区，可用水将会减少；[4.1]
- 受由病菌引起的疾病（如疟疾）和水传染引起的疾病（霍乱）影响的人数将会增加，高温造成的死亡率也会增加；[4.7]
- 由于强降水事件增加和海平面上升，很多居民居住地（根据对数千万居民的居住地的研究）受洪涝影响的风险大大增加；[4.5]
- 由于夏季温度升高，制冷用能需求增加。[4.5]

根据模式和其他方法研究，预测气候变化的有利影响包括：

- 在某些中纬度地区，对温度升高小于几度的情况下，

框 SPM－1. 气候变化的敏感性、适应性和脆弱性

*敏感性*是指系统受与气候有关的刺激因素影响的程度，包括不利和有利影响。这里所描述的与气候有关的刺激因素，是指所有的气候变化因素，包括平均气候状况、气候变率和极端事件的频率和强度。影响可以是直接的（如由于平均温度、温度范围或温度变率的变化而造成作物产量的变化），也可以是间接的（由于海平面上升造成沿海地带洪水频率增加引起的灾害）。

*适应能力*是指某系统适应(包括气候变率和极端气候事件)、减轻潜在损失、利用机遇或对付气候变化后果的能力。

*脆弱性*是指系统易受或没有能力对付气候变化包括气候变率和极端气候事件不利影响的程度。脆弱性是某一系统气候的变率特征、幅度和变化速率及其敏感性和适应能力的函数。

作物的潜在产量会增加；[4.2]

- 森林管理得当，全球木材供应会增加；[4.3]
- 一些缺水地区如在东南亚部分地区，人们可用水会增加；[4.1]
- 中高纬度地区冬季死亡率会减少；[4.7]
- 由于冬季温度较高，供暖所需能源会减少。[4.5]

2.5 所预计的极端气候事件的变化有可能造成重大后果

人类社会和自然系统对极端气候事件的脆弱性，已经从干旱、洪涝、热浪、雪崩和风暴等灾害所造成的损失、痛苦及死亡中得已证明。虽然对这些变化做出的预测还有不确定性，但由于气候的平均状况及变率的改变，21世纪一些极端事件发生的频率和/或严重程度还要增加，因此可以预计，随着全球变暖，这种影响的严重程度还要增大（见图SPM－2）。相反，寒潮等极端低温事件的发生频率和程度预计将减少，但会产生正面和负面的影响。未来极端气候事件变化的影响预计会对贫困人口产生巨大的影响。表SPM－1中，列出了未来气候变率和极端气候事件变化影响的一些典型例子。[3.5，4.6，6和7.2.4]

2.6 目前还难以定量分析大规模的并可能产生不可逆转影响的事件的风险

预计21世纪的气候变化[7]具有导致地球系统发生大规模及不可逆变化的可能性，从而产生洲际和全球范围的影响。这些可能性依赖于所用的气候情景，而尚未对所有可能的气候情景进行评价。这种例子包括：传输温水到北大西洋的大洋环流显著减缓、格陵兰和西南极冰原的大量减少、陆地生物圈碳循环的反馈以及永冻地区陆地碳的释放和沿海沉积物中水合物的甲烷释放造成的全球变暖加快。对地球系统很多这种变化的可能性并不十分了解，但可能性非常低。尽管如此，这些可能性会随着气候变化速率、程度和持续时间的变化而增加。（见图SPM－2）。[3.5，5.7，和7.2.5]

如果地球系统发生这些变化，它们的影响将是广泛和持久的。例如，海洋温盐环流的显著减慢会改变深层海洋的含氧水平及海洋与海洋生态系统吸收的碳量，并减弱欧洲部分地区的变暖。西南极冰原的碎裂或格陵兰冰盖的融化各自都会使全球海平面在未来1000年最大升高3米[8]，淹没很多岛屿和大片的沿海地区。取决于冰原减少的速率，海平面升高的速度和程度很可能大大超出人类和自然系统在没有重大影响时的适应能力。由于变暖引起的永冻区陆地碳和沿海沉积物水合物的甲烷释放，会进一步增加大气的温室气体浓度，从而加剧气候变化。[3.5，5.7和7.2.5]

2.7 在各种尺度上，适应是补充减缓气候变化努力的一个必要的战略

适应性措施具有减少气候变化不利影响、增强有利影响的潜力，但这会增加成本，还不能避免所有的损失。极端事件、变率和变化速率都是分析气候变化的脆弱性和适应性的关键要素，而不再仅是简单的平均气候状况的变化。人类和自然系统都可以在一定程度上自动地适应气候变化。相对于为保护自然系统的适应行动而言，有更多的选择和激励采取人类系统的适应行动，尽管如此，

[7] 由图SPM－2表示的预测气候变化的细节见第一工作组的决策者摘要。

[8] 预测西南极冰原和格陵兰冰原对海平面升高作用的细节见第一工作组的决策者摘要。

表 SPM－1：预计的极端气候事件变化所可能产生的影响的例子。

预计的21世纪极端气候现象变化及其可能性[a]	*预计影响的典型例子*[b] *(发生在一些地区的信度为非常高可信度*[c]*)*
简单极端事件	
最高温度升高；在几乎所有陆地地区热日天数和热浪次数增多 *(很可能*[a]*)*	· 老年人和城市贫穷人口的死亡率和严重疾病发病率增加[4.7] · 对家畜和野生动物的热胁迫增加[4.2和4.3] · 旅游目的地改变[表TS−4和5.8] · 大量作物损失的风险增加[4.2] · 降温用电量增加，减少能源供应的可靠性增加[表TS−4和4.5]
最低温度升高；在几乎所有陆地地区冷日、霜冻日数和寒潮[d]减少 *(很可能*[a]*)*	· 降低与寒冷有关的发病率和死亡率[4.7] · 降低大量作物损失的风险，增加其它作物不利影响的风险[4.2] · 一些病虫和疾病细菌的范围和活动扩大[4.2和4.3] · 降低取暖能源需求 [4.5]
强降水事件发生频率增大 *（在许多地区很可能*[a]*）*	· 洪涝、滑坡、雪崩和泥石流损失增加 [4.5] · 土壤侵蚀增加 [5.2.4] · 洪水径流量增加，可增加一些平原蓄水区的蓄水量 [4.1] · 对政府和私营洪水保险系统及减轻灾害压力增加 [表TS−4和4.6]
复杂的极端事件	
中纬度地区内陆夏季干旱和旱灾的风险增加 *（可能*[a]*）*	· 降低作物产量[4.2] · 由于地面下沉，对建筑地基的危害增加[表TS−4] · 水量与水质下降[4.1和4.5] · 森林火灾风险增加[5.4.2]
热带气旋的最大风速增大、平均及最大雨量增加 *（在一些地区可能*[a]*）*[e]	· 人的生命风险、传染性疾病流行风险和其它风险增加[4.7] · 沿海侵蚀和对沿海建筑和基础设施的危害增加[4.5和7.2.4] · 对沿海生态系统如珊瑚礁和红树林的危害增加[4.4]
在许多地区与厄尔尼诺事件有关的洪涝和干旱强度增加 *（可能*[a]*）*（亦可参见干旱和强降雨事件）	· 降低干旱和洪涝易发区的农业和草地生产力[4.3] · 降低干旱易发区水力发电的潜力[5.1.1和图TS−7]
亚洲夏季季风降水变率增加*(可能*[d]*)*	· 对温带和热带亚洲地区，洪涝和干旱强度与危害增加[5.2.4]
中纬度地区暴风雨强度增加(现有的多种模型预测结果不尽相同)[d]	· 人体健康和生命的风险增加[4.7] · 财产和基础设施损失增加[表TS−4] · 对沿海生态系统的危害增加[4.4]

[a] 可能性是指IPCC第一工作组第三次评估报告所用的可信度判断：*很可能*（90−99%的可能性）；*可能*（66−90%的可能性）。除非在其它地方另外说明，有关气候现象的信息引自IPCC第一工作组第三次评估报告的决策者摘要。

[b] 通过采取适当的应对措施，将减轻不利影响。

[c] 非常高可信度的可能性为67−95%，参见脚注6。

[d] 来源于IPCC第一工作组第三次评估报告的技术摘要，第F.5节。

[e] 热带气旋的区域分布变化是可能的，但尚未对此进行划分。

有计划地适应气候变化，可以在自动适应气候变化基础上带来更好地效果。在各种尺度上，适应是补充减缓气候变化努力的一个必要的战略。[6]

可以总结过去适应气候变率或极端气候事件的经验，用来制定适应未来气候变化的适宜战略。对当前气候变率和极端事件的适应性措施常常会产生有利影响，并奠定应对未来气候变化的基础。然而经验也证明，发挥这些潜在适应对策的全部作用还有许多限制。另外，只注重短期效果的决策、忽视已知的气候变率、使用不完整的预测和利用不充分的信息以及过分依赖保险机制时，可能会采取一些不适当的适应措施，例如在风险较大地区盲目发展。[6]

2.8 资源最少的地区适应能力最弱，而且最脆弱

人类系统适应和对付气候变化的能力取决于许多因素，如资产、技术、教育、信息、技能、基础设施、占有资源的程度以及管理能力。发达国家和发展中国家都有可能促进和／或获得适应能力的潜力。人口和社区在适应气候变化能力方面有很大的差别。发展中国家，尤其是最不发达国家的人口和社区，在这方面的能力通常最弱。结果使这些国家适应气候变化的能力较弱，对气候变化危害最为脆弱，这就像其对其它问题脆弱一样。这种情况在最贫穷人群中表现尤为突出。[6.1，关于区域信息还可以参见5.1.7，5.2.7，5.3.5，5.4.6，5.6.1，5.6.2，5.7，和5.8.1]

以货币单位的方式估算了国家、区域和全球范围气候变化影响的成本与效益。这种估算一般不包括气候变率或极端气候事件的影响，也没有考虑不同变化速率的影响，而仅仅部分考虑了对不在市场体制中进行贸易的货物和服务的影响。这种省略可能会低估了经济损失，而高估了经济收益。因为综合影响评估会对一些方面只计算收益，而对另一些方面只计算损失，以及还因为用于综合各单项的权重具有主观性，这种影响评估常常引起争论。[7.2.2和7.2.3]

虽然存在上述提到的一些局限性，依据发表的数篇文章估计数值，对研究中所有变暖幅度，全球平均温度的升高[9]都会在很多发展中国家产生净的经济损失（*低可信度*[6]）。增温幅度越大，损失越大（*中等可信度*[6]）。相反地，全球平均气温增加几度以后，对发达国家的经济影响可能是既有受益又有损失（*低可信度*[6]）；更多的增温则造成经济损失（*中等可信度*[6]）。随着预计的变暖程度的增加，对经济影响分布预计是：发达国家和发展中国家福利的差距会加大（*中等可信度*[6]）。对发展中国家估算损失影响越严重，相对于发达国家而言，发展中国家的适应能力就越低。[7.2.3]

此外，从全球尺度来看，全球平均温度升高几度，全球GDP将在增加或减少几个百分点范围内变化（*低可信度*[6]）：如果温度升高更多，则导致净损失增加（*中等可信度*[6]）（见图SPM-2）。即使全球平均温度升高小于几度，预计受气候变化不利影响的人也要比从气候变化获益的人多（*低可信度*[6]）。这些结果对一些假设很敏感，如区域气候变化、发展水平、适应能力、变化速率、影响的评价和所采用的估算货币损失和收益的方法，包括折扣率的选择。[7.2.2]

就生命的损失和相对于投资与经济的影响而言，预计气候变化对发展中国家的影响最大。例如，极端气候事件对发展中国家GDP相对百分点的影响远远超过发达国家。[4.6]

2.9 适应性、可持续发展和提高公平性可以相互促进

很多对气候变化脆弱的社区和地区同时也面临着人口增加、资源耗尽和贫穷的压力。凡是能够减少资源压力、改进环境风险管理、改善贫穷人口幸福安康的政策也都有利于可持续发展和促进公平性、增强适应能力、减少对气候变化的脆弱性和其它压力。在设计和执行发展行动方案时，如能考虑气候风险因素，将可以促进公平和更可持续的发展，并减少对气候变化的脆弱性。[6.2]

3. 对自然和人类系统的影响及其脆弱性

3.1 水文和水资源

气候变化对河流流量及地下水回灌的影响因区域和气

[9] 全球平均气温的变化仍作为气候变化幅度的一个指标。在所考虑的这些研究中，受情景影响的变量包括区域范围的气温、降水和其它气候变量的不同变化。

候情景的不同而不同，主要取决于降水变化的预测结果。对多数气候情景，较为一致的预测结果是：在高纬度地区和东南亚地区，年平均径流量将增加，而在中亚、地中海近邻区、非洲南部和澳洲将减少（*中等可信度*[6]）（见图SPM-3）；然而，不同模型所预测的变化程度不同。在其它地区，包括中纬度地区，由于对降水和蒸发的预测结果都存在差异，而且蒸发可以抵消降水的增加，因此预测的河流流量的变化尚无一致的结论。预计大多数冰川加速融化，许多小冰川可能消失（*高可信度*[6]）。一般而言，对年平均径流量变化的预测的可信度低于只基于温度变化影响的预测，这是因为不同情景对降水的预测差异更大。在流域范围内，气候变化的影响随流域自然特性和植被而发生变化，此外也随土地覆盖而变化。[4.1]

目前，世界上约1/3的人口，大约17亿人，生活在贫水国家（定义为20%以上的用水来源于再循环水，这是通常采用的贫水指标）。预计到2025年，这部分人口将增至50亿，当然这会依赖于人口增长速度。气候变化可能进一步减少这些受水短缺影响国家的河流流量和地下水补给量，如中亚、非洲南部以及地中海近邻地区，但在其它一些地区可能增加河流流量。[4.1，关于区域信息还可参见5.1.1，5.2.3，5.3.1，5.4.1，5.5.1，5.6.2，和5.8.4]

随着人口的增加和经济的发展，对水的需求量一般会增加，但在一些国家由于水利用效率提高，用水量正在下降。气候变化一般不可能对城市和工业用水需求有很大的影响，但可能在很大程度上影响灌溉用水，这将取决于蒸发的增加如何被降水的变化所抵消或加剧。温度越高，植物的蒸腾量越大，这意味着未来的总体趋势是灌溉需水量会增加。[4.1]

在许多地区，由于强降水事件发生频率增加，致使洪水的频率及规模也增加，并使大多数地区径流量和一些平原地区地下水补给量增加。土地利用变化可能使洪水更加恶化。一些地区由于蒸发量加大，枯水季节的河水径流量在日趋减少；降水量的变化也许会加剧或抵消蒸发量的增加。由于水温升高和废弃物的径流与外溢造成的污染物增加，预计的气候变化将引起水质下降。在河水径流量减少的地区，水质退化可能更为严重，但增加水流稀释量可在一定程度上减轻水质退化。在目前降雪成为水分平衡中重要组成部分的地区，由于大部分的冬季降雪已经成为降雨，这将导致更大的河水流量高峰，且高峰期由春季转为冬季。[4.1]

最为脆弱的水资源系统可能是那些没有进行管理的水资源系统及目前已经受到胁迫或管理不善和不可持续管理方式的水资源系统。管理不善和不可持续管理方式的水资源系统是由于不鼓励有效利用水分和水质保护、不完善的流域管理、水的供给和需求疏于管理、缺乏有效的专业指导政策等造成的。在没有进行管理的水资源系统中，很少或根本没有用来缓冲水质和水量变化的设施。在不可持续的管理系统中，水和土地的使用加剧了因气候变化产生的脆弱程度。[4.1]

水资源管理技术，尤其是水资源综合管理，可以用来适应气候变化对水文的影响，并适应其他非确定因素的影响，从而降低脆弱程度。目前，更多采用的供水方的管理措施（如加强洪水防御、建造堤堰、利用储水区包括自然系统、改善基础设施以增加水分收集和分配），而不是水分需求方的管理措施（改变胁迫），但后者是日益引起关注的焦点。然而，世界各国实施这种有效管理的能力目前还参差不齐，许多经济转轨和发展中国家能力还比较低。[4.1]

3.2 农业和粮食安全

根据试验研究，作物产量对气候变化的响应差异明显，这是由于作物种类和品种、土壤特性、病虫害、二氧化碳（CO_2）对作物的直接影响，以及CO_2、气温、水分胁迫、矿物质养分、空气质量和作物的适应能力间的相互作用不同所致。CO_2浓度增加可以刺激作物生长和提高产量，但这一有利影响也许不一定大于过度高温和干旱的不利影响（*中等可信度*[6]）。自第二次评估报告（SAP）以来，这些研究进展与农业适应性研究的进展都已在模型中得到考虑，用来评估气候变化对作物产量、粮食供应、农田收益和价格的影响。[4.2]

家畜生产系统应对因气候变化引起的产量损失及适应措施将涉及到成本问题。农业和畜牧业的适应性技术手段可能包括，调整种植时间、施肥量、灌溉、品种和选择动物种类等。[4.2]

如果考虑到农业自身的适应性，作物模拟评估结果

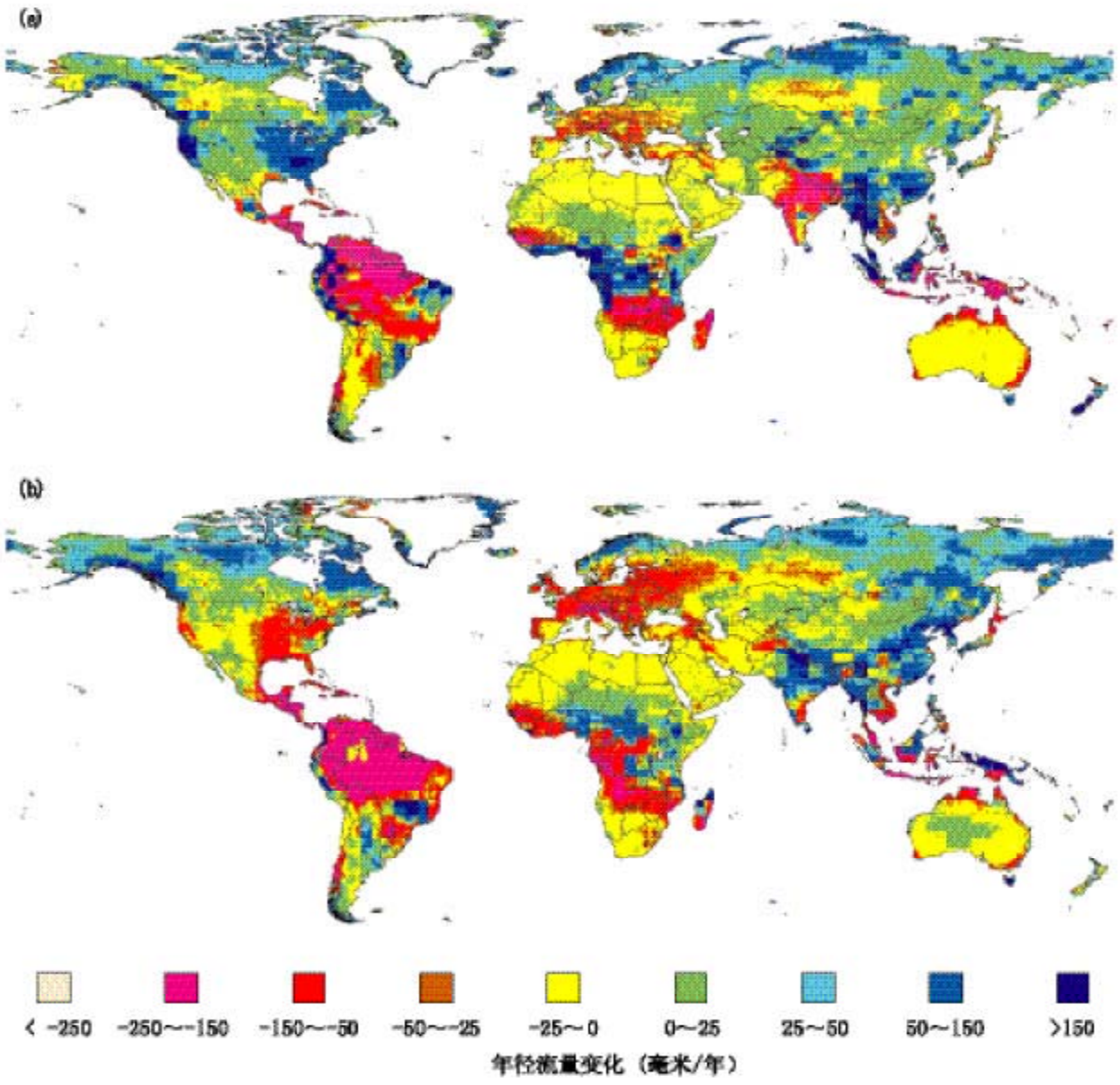


图 SPM－3：相对于1961－1990年，2050年平均年径流量的预测的变化在很大程度上受降水变化的影响。利用两个版本的Hadley中心大气海洋环流模式的气候预测情景为大气中等效 CO_2 浓度每年增加1%，两个版本为：(a) HadCM2全部平均；和(b)HadCM3。预计在高纬和南亚径流量增加，中亚、地中海附近地区、南非和澳大利亚减少，这些结果同哈德莱中心试验广泛一致，也和其它AOGCM试验结果一致。对世界其它地区，降水和径流的改变依情景和模式的不同而不同。

表明，当变暖低于几度时，气候变化对中纬度地区作物产量的影响有正面效应；当变暖高于几度时，气候变化对中纬度地区作物产量的影响有负面效应。这些结果的可信度为*中等可信度到低可信度*[6]。类似的评估结果表明，热带地区一些作物已经接近其最高的极限温度，而且干燥土地/雨养农业占主导地位，因此即使微弱的升温也可使作物减产。降雨量明显减少时，热带作物产量将受到严重的不利影响。在气候变化条件下，热带地区具有自身适应能力的作物受到的不利影响小于缺乏适应能力的作物，但其产量依然低于目前气候情景下的产量水平。[4.2]

如果不考虑气候变化，多数的全球及区域性经济研究结果表明，尽管这种预测的可信度在遥远的未来更低，二十世纪全球实际物品价格下降的趋势将持续到二十一

世纪。经济模型评估表明，气候变化对农业生产和价格的影响预计会造成全球收益百分比的微小波动（*低可信度*[6]），对较发达的国家而言会有较大的增加，对发展中地区而言增加较少甚至是减少。继续研究经济模型对评估中的基本假设的敏感性可以提高这一研究结果现的可信度。[4.2 和框 5-5]

大多数研究结果表明，如果全球年均气温升高几度或更高，则粮食供给能力的增长会滞后于需求的增长，进而粮食价格会升高（*不完全确定的*[6]）。本评估依据已有的研究，表明如果温度升高幅度在几度以内，经济模型不能明确地将气候变化的影响和其它方面变化的影响区分开来。目前开展了一些气候变化对脆弱人群经济影响的综合研究，如对小农户和城镇贫困人口的影响。尽管结论是不确定的并需要进一步研究，仍可以发现气候变化将降低脆弱人群的收入水平，并使饥饿人口的绝对数量增加。尽管不完全确定，但气候变化通过增加极端事件和时、空改变，将造成非洲粮食安全更加恶化。[4.2]

3.3 陆地和淡水生态系统

植被模型研究一致表明，气候变化条件下生态系统将受到严重的破坏（*高可信度*[6]）。尽管可能不会发生生态系统和生物群系的整体迁移，但对特定的地区而言，物种的组成和优势物种可能会有所改变。当然，这些变化将落后于气候变化几年到几十年，甚至到数个世纪（*高可信度*[6]）。[4.3]

全球或区域气候变化已经并会继续对野生动植物的分布、数量、密度和行为产生直接影响，同时由于气候变化对植被的影响作用还会产生间接的影响。气候变化会使淡水鱼分布的边界向极地方向迁移，同时喜冷、喜凉的鱼类数量减少，喜温性鱼类增加（*高可信度*[6]）。目前，许多动物的种类和数量已经面临很高的濒危，由于气候变化会恶化其生存条件，土地利用会破坏其栖息环境，且其迁徙难度增加，这些不利因素的协同作用将会使其处境更加艰难。如果缺乏适当的管理，在 21 世纪，这些障碍会使目前的一些“严重濒危”物种灭绝，大多数“濒危和脆弱”物种更加稀少并进一步灭绝（*高可信度*[6]）。[4.3]

降低物种灭绝风险的可能适应措施包括：1）建立庇护场所、公园和保护区，以使物种得以迁移，2）利用捕捉饲养和改变活动场所。然而，这些手段可能因费用太高而难以实施。[4.3]

陆地生态系统的碳储量似乎正在增加。在第二次评估报告中，碳储量增加是由于 CO_2 浓度上升、温度升高和土壤湿度变化之间的交互作用进而提高作物生产力造成的。近期的研究结果也证明了生产力增加，但其在田间生产条件下的升高幅度低于盆栽试验结果（*中等可信度*[6]）。因此，陆地生态系统的碳吸收更多的是由于土地使用和管理的改变，而不是 CO_2 浓度的升高和气候变化的直接影响。由于上述各因子之间复杂的相互作用（如北极地区陆地生态系统和湿地既作为排放源又作为吸收汇），陆地生态系统继续为碳汇的程度是不确定的（*中等可信度*[6]）。[4.3]

和第二次评估结果相反，对全球木材市场的研究表明，微弱的气候变化会提高木材的供给能力，增加发展中国家在木材市场中的份额（*中等可信度*[6]），这些研究假定没有增加碳吸收和储存的森林项目，但采取了土地和产量管理的适应对策。木材价格的降低会使消费者从中受益，而生产者则可能受益也可能受损，这主要取决于木材产量和潜在枝叶枯萎效应的区域变化。[4.3]

3.4 海岸带和海洋生态系统

气候变化对海洋的大尺度影响预计包括海面温度上升、全球平均海平面上升、海冰覆盖面积减少、盐度、海浪状况和洋流的变化。海洋是气候系统的组成部分和响应机制，对气候起着重要的自然和生物地球化学反馈作用。许多海洋生态系统对气候变化敏感。反映在多年气候--海洋系统（如太平洋十年涛动）及其转换中的气候趋势和变率，对鱼类丰产和繁殖动态具有重要影响，进而强烈影响以渔业为生的人类社会。[4.4]

气候变化将使许多沿海地区洪灾严重、侵蚀加速、湿地和红树林减少、海水倒灌并影响淡水资源。气候变化包括海平面上升，将加剧风暴的影响范围和程度，如风暴潮和海岸侵蚀。高纬度地区的海岸带还会受到较高海浪和永冻层消退的附加影响。由于其它因素会影响到海平面的上升和沉降，因此不同地区相对海平面的变化不同。[4.4]

气候变化对多样和富饶的沿海生态系统如珊瑚礁、环状珊瑚岛和暗礁岛、盐滩地、红树林的影响，取决于海平面上升相对增长速度和沉积的速率、水平迁移的空间尺度和障碍、气候—海洋环境如海平面气温和风暴的变化以及人类活动对海岸带的影响。珊瑚礁在过去20年中的白化问题存在多种原因，其中就包括海温升高的因素。未来的海洋表面温度升高将增加珊瑚礁的生存压力，致使海洋疾病的发生机率增加（*高可信度*[6]）。[4.4]

海岸带适应性战略的评估重点由原来的海岸线硬件保护性结构（如海堤、海坝）转向软件保护性措施（如海滩养护）以及有管理的规避和加强生物自然和社会经济系统的防护。海岸和海洋管理的适应性手段与其它领域的政策一并考虑时，如减灾计划和土地利用计划，适应措施将更为有效。[4.4]

3.5 人体健康

从第二次评估报告以来，短期天气事件对人体健康的影响，尤其是酷热、空气污染、风暴和洪水影响、季节和年际的气候变率对某些传染性疾病影响的认识得到进一步提高。人们对有害于健康的影响因子以及可能的适应对策有了越来越多的了解。[4.7]

已经获知一些靠病菌、食物和水传播的传染性疾病对气候变化十分敏感。多数的预测模型模拟结果表明，在气候变化情景下，疟疾和登革热可能传播的地理范围会微有增加。可信度为*中等可信度*到*高可信度*[6]。目前世界上约有40%～50%的人口受到疟疾和登革热的侵扰[10]。尽管一些传染病会出现区域性减少的现象，但在目前分布范围内，这些传染病和许多其它传染病在地理分布和季节上分布却有增加的趋势。然而，在所有情况下，传染病的实际发生是受当地环境条件、社会经济状况和公共健康设施条件的强烈影响。[4.7]

所预计的气候变化将伴随着热浪发生次数增加，这种热浪在很多情况下会因湿度增加和城市空气污染增加而进一步加剧，因此可能造成与热浪有关的死亡率的增加和流行病的发生。有迹象表明，它对城镇人口，尤其是老人、病人和没有使用空调的人群（*高可信度*[6]）影响较大。有限的证据表明，在一些温带国家冬季死亡的减少量远超过夏季死亡的增长量（*中等可信度*[6]）。至今为止，已出版的研究资料仅限于发达国家的研究，无法作出夏季和冬季死亡率的均一性比较。[3.5 和4.7]

大量的经验表明，洪涝的增加将会增加溺死、爆发腹泻和呼吸疾病的风险，在发展中国家，还增加饥饿和营养不良的风险（*高可信度*[6]）。如果区域性的气旋数量增加，则会经常造成灾害性的影响，尤其对于那些人口稠密、资源短缺的地区。气候变化将使部分地区尤其是热带地区作物产量和粮食生产下降，使原本粮食短缺的人群营养缺乏，导致儿童发育不良，成人活动减少。一些地区社会经济衰退，日常生活和健康受到不利影响。[3.5，4.1，4.2，4.5，和4.7]

对预计的每一种不利影响，都可以用社会、机构、技术和行为的适应性措施来减轻对健康的不利影响。适应性措施可能包括：加强公共健康基础设施建设，以健康为导向的环境管理（包括空气和水的质量、粮食安全、城市和房屋设计和地表水的管理）及提供适当的医疗设施。总之，气候变化对人体健康的不利影响，对脆弱的低收入人群最为严重，主要集中在热带或亚热带国家。一般而言，适应性政策可能减轻这些影响。[4.7]

3.6 人居、能源与工业

越来越多的文献表明，人类居住环境受气候变化的影响主要有以下三种途径：

1）由于资源生产力或市场对物品或服务需求的变化，而影响了支撑人类居住的各经济部门；[4.5]
2）可能直接影响基础设施（包括能源输送和配给系统）、建筑、城市服务（包括交通系统）和特殊工业（农业工业、旅游和建筑）的某些方面；[4.5]
3）通过极端天气事件、健康状况的变化或人口迁移可能直接影响人口。大规模人口（小于1百万）和中、小规模人口居住中心所面临的问题略有不同；[4.5]

气候变化对人类居住地区最普遍的直接影响是洪水和泥石流，这些是由于降水强度的增加造成的，沿海地区

[10] 有8项研究模拟了气候变化对这些疾病的影响，其中5项是关于疟疾和登革热。有7项研究使用了生物或基于过程的方法，1项采用了经验统计方法。

还包括海平面上升的作用。沿河和沿海的居住地区尤其会受到影响（*高可信度*[6]），但是在城市如果排水、供水、排污设施能力不强的话，城市洪涝也会成为一个问题。在这些地区，人口密度大、居住条件差、很少或无法获得资源如清洁生活用水和公共健康服务、适应能力很差的那些新开垦的和城市非居住地区十分脆弱。人类居住地目前正在经历其它一些重大环境问题，包括水资源、能源资源和基础设施、废弃物处理和交通等方面，在高温／降水量增加的情况下将会更加恶化。[4.5]

不论是在发达国家，还是在发展中国家，低洼沿海地区迅速发展的城市化，大量地增加了这些地区的人口密度和财产价值，而这些都有可能受到热带气旋等沿海气候极端事件的影响。模型预测表明，与海平面没有上升的情景相比，在中等情景下（2080年海平面上升40厘米）每年受到风暴潮洪水袭击的人数将翻几番（从7千5百万到2亿，这一数目受适应措施的影响）。海平面升高对沿海地区基础设施的潜在影响也很大，对某些国家如埃及、波兰、越南等国家来说，预计损失达数百亿美元。[4.5]

经济结构单一、经济收入主要来源于气候变化脆弱型行业（农业、林业、渔业）的那些居住地区比经济结构多样化的居住区更为脆弱（*高可信度*[6]）。对北极地区的发达区域，永久冻结带地区有大量的冰，要特别注意减轻融化所带来的不利影响，如对建筑和交通设施的严重影响（*非常高可信度*[6]）。对同样的灾害，工业、交通和商业基础设施如居住基础设施一样具有脆弱性。制冷所需要的能源需求增多、取暖所消耗的能源需求减少，各种影响依情景和各地情况而定。对一些能源生产和配送系统可能会有不利的影响，如供应减少或系统可靠性降低，而此时其它一些能源系统可能会受益。[4.5和5.7]

可能的适应措施包括人类居住地区及其基础设施的计划、工业设施的布局和制定类似的长期决策，以此降低那些虽然发生可能性低（但可能性正在增加）但后果严重（也许正在增加）的事件的影响。[4.5]

3.7 保险和其他金融服务

近几十年来，应对一般天气事件和极端天气事件的费用迅速地增加。灾害性事件造成的全球经济损失从50年代的每年39亿美元增加到90年代的每年400亿美元，增加了10.3倍，（所有的损失均以1999年美元价计，没有用平均购买力进行调整），其中发展中国家的经济损失约占四分之一。同期这些损失中入保部分也从每年几乎为零增加到每年92亿美元。再考虑小规模的、非灾害性的与天气相关事件，上述损失将增加两倍。在1985年至1999年间，作为保险业脆弱性增加的指标，全球财产／意外事件保险费与和天气有关的损失比率降低了三倍。[4.6]

尽管已经付出巨大的努力并继续努力建筑防御设施和提高防灾的能力，但应对天气事件的费用已经迅速增加。过去50年，业已观测到的部分灾害损失上升趋势与社会经济因子联系在一起，如人口增长、财富增加、脆弱地区城市化等，而部分灾害损失上升趋势与气候因子联系在一起，如降水量的变化和洪涝事件。准确地将这些灾害归因于何种因素非常复杂，而且在不同地区和不同事件中，这两方面原因之间的综合作用也不同。[4.6]

气候变化以及预计与气候变化有关的天气事件的变化，可能会增加风险评估中保险精算的不确定性（*高可信度*[6]）。这可能会对提高保险费增加更大的压力，和／或导致保险范围重新分类的风险即将一些项目列入非保险范围的一定风险。这些变化将触发成本增加，放慢金融服务向发展中国家扩展的速度，减弱保险业对各种突发事件的保障作用，增加自然灾害发生之后社会对政府赔偿资金的需求。如果发生这些变化，公众和私营实体在提供保险和风险管理的相对作用方面有望得到改变。[4.6]

历史记录表明，虽然低可能性、高影响事件或多重空间关联事件可能会严重地影响金融部门的部分业务，尤其是当那些部分适应能力同时受到非气候因素的削弱时（例如不利的金融市场环境），但是金融部门作为一个整体还是能够适应气候变化的影响。那些财产／灾难保险和再保险部门以及小型专门的或非多样化的公司已经表现出很大的敏感性，包括由于应对天气事件触发的利润减少和破产。[4.6]

适应气候变化使金融部门不仅面临复杂的挑战，而且也面临很多机会。例如，参与制定定价、准备金税款处理方面的规章，从风险市场回撤能力等，都会影响这一部门恢复能力。公共和私营部门的实体也可能通过提高灾害防范、防止灾害损失计划、制定相应法规、改进土地利用等来增加适应能力。然而，在一些情况下，一些公共

保险项目和救济计划，因在脆弱地区如美国发生洪水的平原和海岸带地区引入发展项目会成为自满和错误的适应措施。[4.6]

气候变化对发展中国家的影响最大，尤其是在那些依靠初级生产力作为主要经济收入来源的国家。一些国家国内生产总值（GDP）已经受到自然灾害的影响，有一个例子是损失了高达一半的国内生产总值。如果与天气相关的风险变得难以保险，保价攀升、投保困难，就会公平问题和发展受抑制的问题。相反，保险业、融资体制和发展银行更多地参与进来，将会增强发展中国家适应气候变化的能力。[4.6]

4．脆弱性因区域不同而不同

人类和自然系统对气候变化的脆弱性在不同地区、在同一地区对不同人群来说是不同的。在基准气候条件和预计的气候变化条件之间的差异会导致地区间受气候影响不同。不同地区的自然和社会系统有不同的特征、不同的资源和制度，受到不同程度情况的影响，这些都导致各地区对气候变化有不同的敏感程度和适应能力。从这些差异中，归纳出世界主要地区着重关注的问题。然而，即使在相同的区域，影响、适应能力和脆弱性也是不同的。[5]

如上所述，所有区域都有可能面临一些气候变化的不利影响。表SPM-2高度概括出不同区域重点关注的问题。由于一些区域气候变化灾害频繁和适应能力有限，这些地区特别脆弱。多数欠发达地区对气候变化特别脆弱，这是因为对气候变化敏感的部门是他们的经济主体，同时也因为它们人力、资金和自然资源少以及机构能力和技术实力都比较有限。例如，小岛国和地势低洼的沿海地区对海平面升高和暴雨非常脆弱，多数国家的适应能力有限。预计极地地区的气候变化影响大，而且十分迅速，其影响包括海冰的范围和厚度减少、永久冻土带的退化。非洲、拉丁美洲和亚洲地区对季节性河流流量、洪涝和干旱、粮食安全、渔业、健康影响和生物多样性减少等的不利影响非常脆弱，这也是这些地区非常关注的问题；这些地区适应能力一般很低。即使是在适应能力很强的地区，如北美、澳大利亚和新西兰，也有一些脆弱的社区如土著人，另外生态系统适应能力也很有限。在欧洲、南欧和北极地区的脆弱性明显高于其它地区。[5]

5．改善对影响、脆弱性和适应性的评估

自IPCC以前的评估报告以来，在检测生物和自然系统的变化方面取得了一些进展，也采取了一些措施提高对适应能力、极端气候事件的脆弱性和其它关键的与有关影响问题的认识。这些进展表明，需要开始设计适应性战略和适应能力建设的行动。然而，还需要进一步的研究，以加强未来评估能力和减少不确定性，确保决策者可以获得足够的信息以响应气候变化可能造成的后果，包括在发展中国家进行和由发展中国家开展的研究。[8]

为了缩小目前已有的认识水平与决策者需求间的距离，以下为重点研究的领域：

- 气候变化下人类和自然系统敏感程度、适应能力和脆弱性的定量评估，重点是在气候变异的范围、变化频率和极端气候事件的严重程度方面。
- 评估对预测的气候变化和其他触发因素引起突变的可能阈值。
- 理解生态系统对多重胁迫的动力响应，其中包括全球、区域和更小尺度的气候变化。
- 研究各种适应对策的方法，计算各种适应办法的有效性和成本，确定不同地区、不同国家和不同人群的不同适应机会和困难。
- 多方面评估预测的各种气候变化的潜在影响，特别是在非市场条件下对物品和服务的影响，在评估中对不确定采用一致的处理方法，不确定因素包括但不只限于受影响的人口、土地面积、濒危物种数量、影响的货币价值以及这些方面在不同稳定水平和其他政策情景中的影响。
- 改进综合评价工具，包括风险评价，以对自然和人类系统及不同政策结果的相互作用进行估计。
- 对机会的评估，包括对影响、脆弱性、决策过程中的适应、风险管理和可持续发展的科学信息的评估。
- 改进对气候变化和其他胁迫对人类和自然系统的影响进行长期监测的系统和方法，并提高对这些影响的认识。

在影响、脆弱性和适应性的区域评估方面加强国际合作和协调，包括尤其是发展中国家在能力建设和培训是特别需要的交叉性重点（特别有关上述列出的各项）。

表 SPM－2：区域适应能力，脆弱性和重点关注的问题[a,b]

地区	*适应能力，脆弱性和重点关注的问题*
非洲	· 由于缺乏资金和技术导致非洲人类系统的适应能力低，同时因主要依赖雨养农业、干旱和洪涝频繁发生以及贫穷等因素使非洲人类系统脆弱性高。[5.1.7] · 很多情景预测谷物产量下降，粮食安全降低，特别是粮食进口的小国家（*中等可信度到高可信度*[6]）。[5.1.2] · 非洲主要河流对气候变化高度敏感，在地中海地区和非洲南部国家的平均径流量和可获水量降低（*中等可信度*[6]）。[5.1.1] · 在非洲，因病菌导致的传染病范围的扩大会对人体健康产生不利影响（*中等可信度*[6]）。[5.1.4] · 由于平均年降水、径流和土壤湿度的减少，荒漠化会继续恶化，特别是南部非洲、北非和西非（*中等可信度*[6]）。[5.1.6] · 非洲干旱、洪涝和其它极端事件的增加，会增加对水资源、粮食安全、人体健康和基础设施的压力，并将限制其发展（*高可信度*[6]）。[5.1] · 植物、动物物种的消失预计会十分明显，从而影响农村生活、旅游和基因资源（*中等可信度*[6]）。[5.1.3] · 海岸地区人类居住将会受到海平面上升所导致的洪水和海岸带侵蚀的不利影响，如几内亚海湾、塞内加尔、冈比亚和埃及，以及非洲东南部沿海等（*高可信度*[6]）。[5.1.5]
亚洲	· 在亚洲，发展中国家人类系统适应能力低、脆弱性高，而发达国家适应气候变化的能力强、脆弱性低。[5.2.7] · 在亚洲温带和热带地区，极端事件包括洪涝、干旱、森林火灾和热带气旋增加（*高可信度*[6]）。[5.2.4] · 亚洲许多干旱、热带和温带地区的国家，由于高温和水资源短缺、海平面上升、洪涝和干旱及热带气旋等影响，农业和水产养殖业生产力降低，可能导致粮食安全性降低；亚洲北部地区，农业面积可能扩大，生产力可能提高（*中等可信度*[6]）。[5.2.1] · 干旱和半干旱地区径流和可获水量减少，而在北部地区将增加（*中等可信度*[6]）。[5.2.3] · 亚洲部分地区，由于传染病病菌扩散和热胁迫，人体健康可能受到威胁（*中等可信度*[6]）。[5.2.6] · 在亚洲温带和热带地区，由于海平面上升和热带气旋强度增加可能有数以千万计的生活在低海拔沿海地区的人们迁移；亚洲温带和热带降水强度的增加可能增加洪水的风险（*高可信度*[6]）。[5.2.5和表 TS－8] · 气候变化增加亚洲一些地区对能源的需求、降低旅游吸引力以及影响交通（*中等可信度*[6]）。[5.2.4和5.2.7] · 由于土地利用、土地覆盖的变化和人口压力，气候变化使生物多样性面临更加严峻威胁（*中等可信度*[6]）海平面上升将使生态系统面临风险，如红树林和珊瑚礁（*高可信度*[6]）。[5.2.2] · 亚洲永久冻土带南部边界向极地方向移动可能导致热岩溶和热侵蚀，对基础设施和工业造成不利影响（*中等可信度*[6]）。[5.2.2]
澳大利亚和新西兰	· 人类系统适应能力一般很高，但在澳大利亚和新西兰有一些人群如一些地区的土著人，其适应能力低且脆弱性高。[5.3和5.3.5] · 气候和CO2浓度变化对温带作物的影响最初为正面影响，但如果气候继续变化，对一些地区和一些作物的影响将变为不利影响。（*中等可信度*[6]）。[5.3.3] · 由于预测本区域的大多数地区有干旱趋势，厄尔尼诺现象增加，水成为关键问题（*高可信度*[6]）。[5.3和5.3.1]

表 SPM－2:（续）

地区	*适应能力，脆弱性和重点关注的问题*
	· 由于暴雨强度和热带气旋强度的增加（*中等可信度*[6]），以及热带气旋频率的区域具体变化，将增加因洪水、风暴潮和大风造成的生命、财产和生态系统的风险。[5.3.4] · 对气候地理要求严格且由于地表破碎、土壤差异或地貌不能迁移的一些物种，可能面临风险或灭绝（*高可信度*[6]）。澳大利亚对气候变化特别脆弱的系统包括：珊瑚礁、澳大利亚西南部和内陆地区的干旱和半干旱居住区和澳大利亚高山生态系统。澳大利亚和新西兰沿海地区的淡水湿地和高山系统是脆弱的，新西兰生态系统对杂草加速侵入也是脆弱的。[5.3.2]
欧洲	· 欧洲人类系统适应能力一般很高，南欧地区和北极地区的欧洲的脆弱性高于其它地区。[5.4和5.4.6] · 夏季，南欧地区径流、可获水量和土壤湿度可能降低，并使南北的差异加大；冬季，南欧和北欧的径流和可获水量都可能增加（*高可信度*[6]）。[5.4.1] · 在21世纪末，一半的高山冰盖和大面积的永久冻土带可能消失（*中等可信度*[6]）。[5.4.1] · 欧洲大部分地区河流洪水的危险增加（*中等可信度到高可信度*[6]）；在沿海地区，洪涝、侵蚀和湿地减少的风险将大量增加，影响人类居住、工业、旅游、农业和沿海自然生活环境。[5.4.1和5.4.4] · 北欧，气候变化对农业有有利影响（*中等可信度*[6]）；南欧则生产力降低（*中等可信度*[6]）。[5.4.3] · 生物区系向极地和向高海拔迁移。重要的动植物生活环境（湿地、苔原、隔离的栖息地）消失，一些物种种类受到威胁（*高可信度*[6]）。[5.4.2] · 高温和热浪也许改变传统的夏季旅游目的地，不可靠的降雪天气条件将对冬季旅游业不利（*中等可信度*[6]）。[5.4.4]
拉美	· 拉美地区人类系统适应能力低，尤其是对极端气候事件的适应能力低，脆弱性高。[5.5] · 以冰川融化作为重要水源的地区，冰川的消失和退却将对径流和水的供应产生不利影响（*高可信度*[6]）。[5.5.1] · 洪水和干旱更加频繁，洪水会增加一些地区的沉积和使水质降低（*高可信度*[6]）。[5.5] · 热带气旋强度的增加可能改变由强降水、洪涝、风暴潮和大风造成的生命、财产和生态系统的风（*高可信度*[6]）。[5.5] · 在拉美许多地区，即使考虑到CO2浓度增加的作用，预计重要作物的产量将下降，一些地区维持生计的农业可能受到威胁。（*高可信度*[6]）。[5.5.4] · 传染病病菌扩散的地理分布可能向极地和高海拔地区扩大，疟疾、登革热和霍乱的发生将增加（*中等可信度*[6]）。[5.5.5] · 由于海平面上升，沿海居住条件、生产活动、基础设施和红树林生态系统可能受到不利影响（*中等可信度*[6]）。[5.5.3] · 生物多样性消失的速率可能增加（*高可信度*[6]）。[5.5.2]
北美	· 在北美地区，人类系统的适应能力一般很高，且脆弱性低，但一些团体（如土著人和依赖对气候敏感的资源的人群）的脆弱性较高。 · 中等程度变暖和CO_2浓度增加可能有利于作物生产，但对不同作物和不同区域的影响不同（*高可信度*[6]），如加拿大大草原和美国大平原由于干旱产量降低，加拿大北部产量则增加、温带混合林生产力提高（*中等可信度*[6]）。然而，如果进一步升温，对作物的有利影响将迅速下降，有可能变为不利影响（*中等可信度*[6]）。[5.6.4] · 在北美西部，以融雪为主的流域春季水流高峰提前来到（*高可信度*[6]），可能减少夏季水流量（*中*

表 SPM－2：（续）

地区	*适应能力，脆弱性和重点关注的问题*
	等可信度[6]）；多数情景预测大湖－圣劳伦斯湖湖面降低、水溢量减少（*中等可信度*[6]），适应措施将抵消一些但不是全部对水用户及水生生态系统的影响（*中等可信度*[6]）。[5.6.2] · 独特的自然生态系统如大草原湿地、高山苔原和寒冷水生生态系统将面临风险，有效的适应是不可能的（*中等可信度*[6]）。[5.6.5] · 海平面上升将加剧对海岸带的侵蚀、泛洪和海岸带湿地的消失，风暴潮，尤其是佛罗里达和美国大西洋沿海地区的大部分地区的风暴潮的风险增加（*高可信度*[6]）。[5.6.1] · 在北美地区，与天气有关的保险损失和公共部门减灾费用一直增加；保险行业的计划还没有系统地包括气候变化信息，因此，其影响潜力可能是惊人的。（*高可信度*[6]）。[5.6.1] · 传染病包括疟疾、登革热和莱姆关节炎在北美分布的范围可能扩大。空气质量进一步恶化和增加热胁迫可能造成发病率和死亡率增加（*中等可信度*[6]）。社会经济因素和公共健康措施可能在很大程度上决定对健康的影响范围和程度。[5.6.6]
极地	· 极地地区自然系统对气候变化是极度脆弱的，且自然生态系统的适应能力低；技术发达的群体有可能容易适应气候变化，但一些土著人遵循传统的生活方式，几乎没有能力和选择余地来适应气候变化。[5.7] · 预计极地地区的气候变化是最明显和迅速的，将引起主要的自然、生态、社会和经济影响，尤其是在北极、南极半岛和南太平洋（*高可信度*[6]）。[5.7] · 已经发生的气候变化有：北极海冰的范围和厚度的降低，永久冻土带的融化、海岸带侵蚀、冰原和冰架的变化，物种的分布和数量的改变（*高可信度*[6]）。[5.7] · 一些极地生态系统也许通过物种的引入、逐渐的替代和物种组成的改变，以及可能通过总生产力的不断增加来适应气候变化；冰界边沿的一些物种的生活环境可能受到威胁（*中等可信度*[6]）。[5.7] · 极地地区包含重要的气候变化驱动因子，一旦激发这些驱动因子，其作用也许持续几百年，大气中温室气体浓度稳定很长时间之后，还会对冰原、全球海洋循环和海平面升高引起不可逆转的影响（*中等可信度*[6]）。[5.7]
小岛国	· 小岛国的人类系统适应能力一般低且脆弱性高（*高可信度*[6]）。小岛国有可能是受气候变化影响最严重的国家。[5.8] · 预计未来100年海平面每年以5毫米的速度上升，可能会引起侵蚀、土地和财产的损失、人的迁移加剧、风暴潮的风险增加、沿海生态系统的恢复能力降低、海水向淡水资源的侵入，以及响应和适应这种变化的高昂费用（*高可信度*[6]）。[5.8.2和5.8.5] · 水分供应有限的岛屿，在气候变化对水分平衡方面的影响极度脆弱（*高可信度*[6]）。[5.8.4] · 由于较高的CO_2浓度，通过白化作用和降低钙化速率，将使珊瑚礁受到不利影响（*中等可信度*[6]）。温度的升高和海平面上升的加速，红树林、海草、其他沿海生态系统和与之有关的生物多样性将受到不利影响（*中等可信度*[6]）。[4.4和5.8.3] · 沿海生态系统的退化使以渔业为生和以渔产品为主要食物的人群受到不利影响和威胁（*中等可信度*[6]）。[4.4和5.8.4] · 由于有限的耕地和土壤盐碱化使小岛国的国内粮食生产和出口，对气候变化极度脆弱（*高可信度*[6]）。[5.8.4] · 由于气候变化和海平面上升，作为重要的收入来源和赚取外汇的许多岛屿的旅游业将面临严重的破坏（*高可信度*[6]）。[5.8.5]

[a] 由于现有的研究没有包括所有的气候情景和模型，以及自然和社会系统的敏感性和适应性的不确定性，对区域脆弱性的评估只是定性的。
[b] 表 SPM－2 中列出的区域，在技术摘要图 TS－2 标出。

气候变化 2001：
影响、适应性和脆弱性

技术摘要

政府间气候变化专业委员会第二工作组报告

IPCC第二工作组第六次会议（2001年2月13-16日，瑞士，日内瓦）接受了本技术摘要，但未经详细批准。工作组或委员会届会“接受” IPCC报告，指该材料未经逐行讨论并取得一致意见，但它对所涉及的主题仍提出了全面、客观和平衡的观点。

主要作者：

K.S. White(美国)，Q.K. Ahmad (孟加拉)，O. Anisimov (俄罗斯)，N Arnell (英国)，S. Brown (美国)，M. Campos (哥斯达黎加)，T. Carter (芬兰)，Chunzhen Liu (中国)，S. Cohen (加拿大)，P Desanker (马拉维)，D.J. Dokken(美国)，W. Easterling (美国)，B. Fitzharris (新西兰)，H. Gitay (澳大利亚)，A. Githeko (肯尼亚)，S. Gupta (印度)，H. Harasawa (日本)，B.P. Jallow (冈比亚)，Z. W. Kundzewicz (波兰)，E. L. La Povere (巴西)，M. Lal (印度)，N. Leary (美国)，C. Magadza (津巴布韦)，L.J. Mata (委内瑞拉)，P. McLean (澳大利亚)，A. McMichael (英国)，K.Miller (美国)，E. Mills (美国)，M.Q. Mirza(孟加拉)，D.Murdiyarso (印度尼西亚)，L. Nurse (巴巴多斯)，C. Parmesan (美国)，M.L. Parry (英国)，O. Pilifosova (哈萨克斯坦)，B. Pittock (澳大利亚)，J. Price (美国)，T. Poot (美国)，C. Posenzweig (美国)，J. Sar英国han (墨西哥)，H.J. Schellnhuber (德国)，S. Schneider (美国)，M. J. Scott (美国)，G. Sem (巴布亚新几内亚)，B. Smit (加拿大)，J.B. Smith (美国)，A. Tsyban (俄罗斯)，P. Vellinga (荷兰)，P. Warrick (新西兰)，D. Wratt (新西兰)

编审：

M. Manning(新西兰) 和 C.Nobre(巴西)

1. 评估范围和手段

1.1 评估授权

政府间气候变化专业委员会（IPCC）是由世界气象组织（WMO）和联合国环境规划署（UNEP）于1988年组建的，以评估有关认识人为因素引起的气候变化及其潜在影响、减缓和适应对策等的科学、技术和社会经济方面的信息。目前，IPCC由三个工作组组成：第一工作组（WGI）负责观测和预测的气候变化；第二工作组（WGII）负责气候变化有关的脆弱性、影响和适应性的研究；第三工作组（WGIII）负责气候变化的减缓对策方面的研究。

本报告－《气候变化2001：*影响、适应性和脆弱性*》是第二工作组提交给IPCC第三次评估报告（TAP）的，与气候系统和气候变化[1]相联系的有关科学、技术、环境、经济和社会问题的报告。在第三次评估报告中，第二工作组被授权为评估生态系统、社会经济部门和人体健康相对于气候变化的脆弱性，以及气候变化对这些系统潜在的正面和负面影响。这次评估也检验增强气候变化的正面影响和减轻气候变化负面影响以适应气候变化的可能性。这次新的评估基于IPCC以前的评估，重新检验早期评估的主要结论，突出新的信息和最近的研究结论。

1.2 什么是潜在危机？

人类活动－主要是化石燃料的燃烧和土地利用／覆盖的变化－正在改变大气成分的浓度或地面吸收或反射辐射能量的特性。第三次评估报告第一工作组部分—*《气候变化2001：科学基础》发现：*“根据最新的证据并考虑尚存的不确定性，过去50年观测到的气候变暖很大部分可能是由于温室气体浓度的增加而引起的”。未来气候变化的预期包括附加的气候变暖、降水类型和降水量的变化、海平面升高和一些极端事件发生频率和强度的变化等方面。

*与预测的气候变化有关的风险是很高的。*支撑人类社会的大量地球系统对气候很敏感，并会受到气候变化的影响（极高可信度）。可以预期的影响包括：海洋环流、海平面、水循环、碳氮循环、空气质量、自然生态系统的生产力和结构、农牧场和林地的生产力、植物和动物物种（包括人类疾病的传播媒介和寄主）的地理分布、行为、数量和生存等。气候变化引起的这些系统的变化以及气候变化对人类的直接作用，都将正面和负面地影响人类社会的福利。人类社会的福利将通过以下的变化受到影响：水、粮食、能量的供应与需求和其它从这些系统中获取的有形食物的变化；用于休闲和旅游目的的环境的非消费性利用机遇的变化、非使用价值的环境如文化和保存价值的变化；收入的变化；极端气候事件导致的财产和生命损失的变化和人体健康的变化。在世界各地，气候变化的影响将损害可持续发展前景，并可能进一步扩大已经存在的不平衡。其影响将依人、地、时的分布而变化（极高可信度），进而导致严重的公平性问题。

尽管可以证明风险很高，但与气候变化相关的风险性却不易确定。风险性是各种不同类型影响的可能性和量级的函数。第二工作组的报告评估以下有关方面的认识水平的进展：哪些系统可以受到气候因素的影响、系

框 TS-1. 气候变化的敏感性、适应性和脆弱性

*敏感性*是指系统受与气候有关因素的影响程度，包括不利和有利影响。这里所描述的与气候有关的因素是指所有的气候变化因素，包括平均气候状况、气候变率和极端事件的频率和强度。影响也许是直接的（如由于平均温度、温度范围或温度变率的变化而造成作物产量的变化）或间接的（由于海平面上升造成沿海地带洪水频率增加引起的灾害）。

*适应能力*是指系统适应包括气候变率和极端气候事件、减轻潜在损失、利用机会或应付气候变化的能力。

*脆弱性*是指系统易受或没有能力对付气候变化包括气候变率和极端气候事件不利影响的程度。系统脆弱性是气候的变率特征、幅度和变化速率及其敏感性和适应能力的函数。

[1] IPCC报告中*气候变化*定义为持续一定时间的任何气候变化，这种气候变化是由于自然变率或是人类活动导致的结果。而气候变化框架公约*气候变化*定义的含义与此不同，其是指直接或间接由人类活动改变了全球大气的组成成分而触发的气候变化，是在可比的时间段内观测到的自然气候变率之外的气候变化。

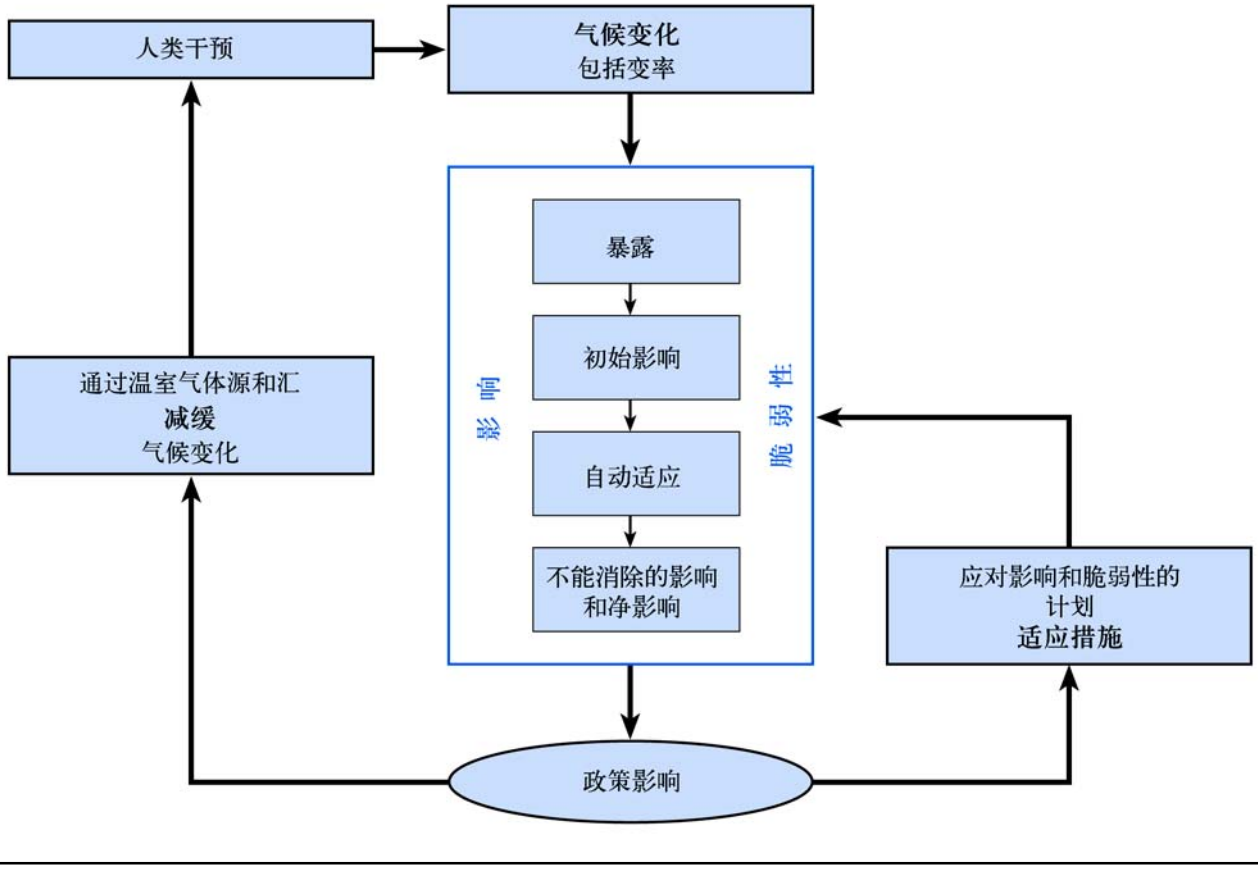


图 TS–1：第二工作组评估的范围。

统对气候因素变化的敏感性、它们对减缓或克服不利影响或增强有利影响的适应能力和它们对不利影响的脆弱性（见框 1）。可能的影响包括：在下一个世纪内对一些系统造成大量的、不可逆转的破坏或损失的影响、系统可能很快适应的中等程度的影响，以及对某些系统可能有益的影响。

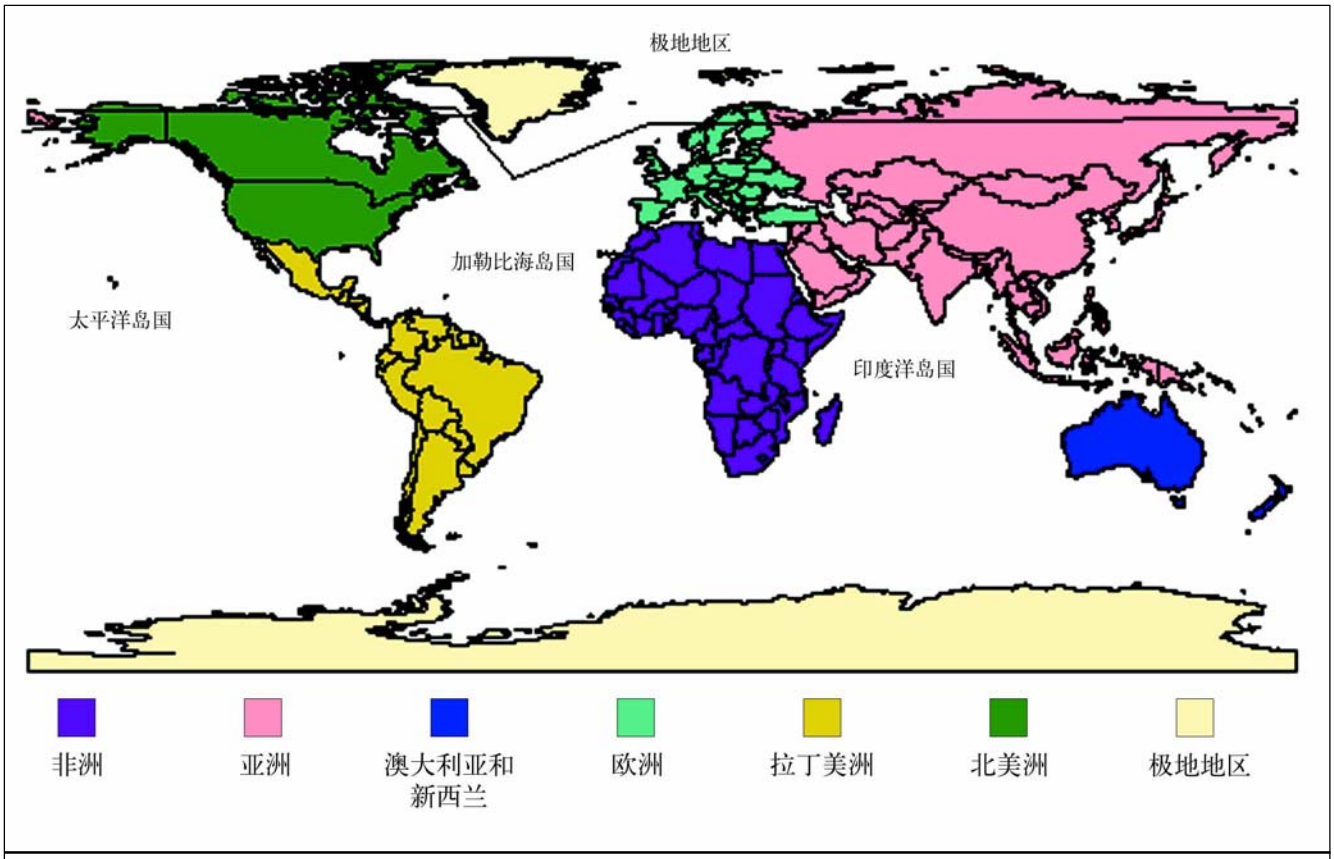
图 TS–1 给出了第二工作组的评价范围及其与气候变化系统其它部分的关系。人类活动导致气候变化从而使自然和人类系统面临改变了的一系列胁迫或因素之中。对这些因素敏感的系统将受到变化的影响或冲击，激发出本能的或预期的适应特性。这些本能的适应性将重新修正气候变化的残余影响或净影响。可以采取有计划的适应措施来减轻不利影响或增强有利影响，作为对已知影响的反应或对未来潜在影响的预防的政策响应。政策响应也可以通过采取行动减少温室气体（GHG）排放或增强GHG吸收汇的方式来减缓气候变化。第二工作组的评估工作集中在图TS–1的中间部分—发生、影响和脆弱性—以及适应政策。

1.3 评估方法

评估过程包括对进一步认识气候变化的影响、适应性和脆弱性的一切可能的信息进行评估和综合，大部分信息来源于经同行审议发表了的论文。也有一些资料是从未经同行审议发表的论文和未发表的原始资料中获取的，但本报告作者已经对其进行了质量和有效性鉴定。

第二工作组的评估由一个国际专家组实施，专家组由政府和科学团体提名，再由IPCC第二工作组主席团根据他们的科学和技术专长进行遴选，以达到广泛的区域平衡。这些专家来自研究院、政府、企业、科学和环境机构。他们参与 IPCC 的工作但不从 IPCC 取得任何报酬，并奉献大量的时间支持 IPCC 的工作。

这次评估是为了检验气候变化的影响、适应性、系统和区域的脆弱性，并提供跨系统和跨区域的全球性综合分析。根据可利用的文献资料，尽可能在可持续发展和公平框架范围内检验气候变化。第一部分通过讨论气候变



图TS–2：IPCC第二工作组第三次评价的区域：注意小岛国所在的地理位置包括太平洋、印度洋、大西洋、加勒比海和地中海。欧洲和亚洲的边界为从乌拉尔山脉东部、乌拉尔河和里海。对于极地地区，北极地区为北极圈以北的地区，包括格陵兰；南极地区包括南极大陆和~58°S以南的海洋。

化、方法和工具，以及情景之间的关系建立评价的平台。各独立章节评价了水系统、陆地生态系统（包括农业和森林）、海洋和海岸系统、人类居住设施（包括能源和工业部门）、保险和其它金融服务，以及人体健康的脆弱性。对世界上八个主要区域都专门编撰一章，这八个区域是：非洲、亚洲、澳大利亚和新西兰、欧洲、拉丁美洲、北美洲、极地地区和小岛国。这些区域如图TS–2所示。所有这些区域差别巨大，气候变化的影响、适应能力和脆弱性在每一个区域内变化显著。本报告的最后一部分综合了适应能力及其减缓不利影响、增强有利影响和促进可持续发展和公平的潜力，审评了与联合国气候变化框架公约（UNFCCC）第2条诠释相关的信息，以及解决气候变化问题国际协议的关键性条款。这次报告亦包含一个决策者摘要，为负责制定气候变化政策的人员提供该报告的简要综合的结论。该技术摘要提供了本次评估报告更全面的摘要，在每一段落的最后用方括号标注其在评估报告全文中的章节，为对某一特别题目感兴趣的读者提供更多的信息。[1.1]

1.4 不确定性的处理

从第二次评估报告以来，更加重视了发展和表达不确定性的方法。评估不确定性的两个方法已用于第二工作组的评估工作中。一是定量评估方法，评价案例的可信度，对这些个例的相关过程、系统行为、观测、模式模拟及估计的现有认识足以支持本报告作者能就所选结果的贝叶斯概率达成广泛共识。二是定性评估方法，评估和报告支持某个结论的科学认识的质量或水平（见框2）。这些方法和它们的基本原则在IPCC准备的材料：*第三次评估报告：交叉性问题指南文章*（http://www.gispri.or.jp）上有更详细的解释。这份材料用于在第三次评估报告中促进各工作组内部和各个工作组之间使用统一的术语和概念。[1.1，2.6]

2. 评估的方法和工具

评估气候变化的影响、适应性和脆弱性需要利用广

框 2：可信度和认识水平

可信度的定量评价

在采用*定量*分析方法中，第三次评估报告的作者根据观测到的证据、模拟结果以及他们已经检验的理论，采用了专家判断的方法，给定了代表作者之间对结论正确性的信任程度的可信度。采用了5个级别的可信度指标。在技术摘要表格中，符号代表的意义为：

极高可信度（*****）	大于或等于95%
高可信度（****）	67–95%的可能性
中等可信度（***）	33–67%的可能性
低可信度（**）	5–33%的可能性
极低可信度（*）	小于或等于5%的可能性

认识水平的定性评估

在采用*定性*分析方法中，第三次评估报告的作者根据支持证据的数量和专家之间关于对这些证据解释的统一程度，评估了支持这些结论的科学理解的认识水平。采用了 4 个级别的定性指标：

- *很确定：*在已知的过程中纳入了模型；观测结果与模拟结果一致，或多个线索所支持的发现。
- *确定但不完全：*尽管许多参数化没有得到很好的测试，但在多数的已知过程中纳入了模型，观测结果与模拟结果在某种程度上一致，但不是全部的，目前的经验估测很好但关键过程随时间而变化的可能性很大，或仅有一个或几个线索所支持的发现。
- *有争异的解释：*不同模型的表示法代表了观测或证据的不同方面，或纳入了关键过程的不同方面，导致结果有相异的解释。
- *猜测：*在文献中不能充分表达的，但概念上是可能的观点，或包含许多难以减少的不确定性[框 1–1]。

泛的物理、生物和社会科学的专业学科知识，由此也将使用大量的方法和工具。从第二次评估报告出版以来，利用这些方法已经改进了在生物和物理系统上气候变化的检测，并有大量的新发现。另外，从第二次评估报告出版以来，已经采取了谨慎的步骤来扩展“工具箱”以便更有效地探究气候变化的起因和后果两方面的人为因素，更直接地处理有关脆弱性、适应性和决策方面跨领域的问题。特别是，这些方法和工具已经开始应用于分析研究成本和评估价值影响、处理不确定性、跨部门和跨区域的综合影响、并应用于决策分析框架评估适应能力。总体上讲，这些一般方法论上的进展正在使我们的分析具备更坚实的基础、认识可能采取的与未来气候变化有关的适应对策。[2.8]

2.1 用指示性物种或系统检测对气候变化的响应

*从第二次评估报告以来，开发了多种方法并应用于检测20世纪气候变化对非生物和生物系统的影响。*对模式预测未来影响的一个重要补充，就是评估近期的气候变化对人类和自然系统已经产生的影响。这样的检测受到多重的、常常是内部相关的共同影响这些系统的非气候强迫因子的阻碍。为克服这一障碍，可使用指标物种（如：蝴蝶、企鹅、青蛙和海葵等）检测对气候变化的响应以推测气候变化分别对自然系统（如本土草地、南极大陆沿岸、赤道雨林、太平洋岩石圈内潮汐等）的更普遍性的影响。这种检测过程的一个重要组成部分是基于观测和预测的气候变化，寻找与期望相符合的跨越许多研究的变化的系统特征。随着跨越不同系统和跨地理区域的研究的重复进行，这些观测到的变化归因于气候变化的可信度增加。尽管这样的研究数以百计，但一些区域和系统仍未有充分的研究。[2.2]

为调查观测到的区域气候变化和生态系统中生物或物理过程的可能联系，编写组收集了超过2500篇与气候和动物、植物、冰川、海冰、湖冰或河冰有关的论文。为确定这些系统是否受到正在变化的气候的影响，只有那些满足以下至少两条标准的研究论文才能被包括进来：

- 这些系统的特性显示出随时间变化（如范围边界、融化日期等）。
- 这些系统特性与局地温度的变化相关。
- 局地温度随时间变化。

至少以上三个标准中有两个必须显示出统计上的显著相关。仅仅考虑温度是因为在文献中它可以很好地确定温度对每一检验的系统的影响，同时温度趋势比其它局地变化的气候因子如降水变化，更具全球均一性。遴选的研究必须用 10 年以上数据进行检验，90%以上的研究时间跨度超过 20 年。

以上这些严格标准的使用，使能够用于分析研究的数目缩减至44个，而这44个动植物的研究涵盖了600个以上的物种。这些物种中，大约90%（超过550个）显示了其特性随时间变化。在这550个以上的物种之中，用已知的温度与每一物种特性相联系的机理，给予科学的解释，大约80%（超过450个）显示了在预期的方向上的变化。因此，从这550个以上物种中超过450个物种显示出在预期方向上的变化，表明这种变化并不是随机的和偶然的。

检验冰川、海冰、雪盖程度／雪融化或湖冰、河冰的16个研究包含了150个以上的站点。在这150个以上的站点中，67%（超过100个站点）显示出随时间变化的特性；而在这100多个站点中，有关的已知温度与特性物理过程的机理能给予科学的解释约99%（99个以上站点）显示出预期方向的变化趋势。从100多个站点的99个以上站点显示出在预期变化方向上的变化，表明这种变化并不是随机的和偶然的。[5.2，5.4，19.2]

2.2 预测未来气候变化的影响

*第二次评估报告以来，研究未来气候变化影响的方法和工具得到了改进，包括：强调应用过程模式、完善气候变化情景、精确社会经济基准数据和时间和空间尺度上的高分辨率（以及提高时空分辨率）。*每一大陆上的国家研究和区域评估已经检验了各种模式和工具的各种衔接。初级影响模式已经链接于全球系统模式。虽然在许多评估中通常为首次评估，但都包括了适应性方面的内容。

*方法论的欠缺仍然存在，并涉及到气候变化的尺度、数据、验证、适应性和人为因素的整合等方面。*评估区域和局地脆弱性及长期适应战略的过程需要高分辨率（精度）的评价、尺度之间联接的方法论，使用新的相应的数据库的动力模型，另外还缺乏各种不同尺度的验证。区域内跨部门的综合评估需要考虑脆弱性与局地或区域发展的关系。评估对极端事件脆弱性的方法和工具已经得到改进，但在气候变化情景及对主要气候异常的影响模型的敏感性方面可信度依然很低。为此，需要认识和综合全球变化的更高一层次的经济影响和其它人为因素；在许多领域，优化选择适应措施的适应模型和脆弱性指标仍处于初级开发阶段；这需要改进促使利益相关者参与评估的方法。[2.3]

2.3 综合评估

综合评估是从自然科学到社会科学不同学科之间知识的结合、阐述和交流的过程，以研究和认识复杂系统内部和系统之间的关系。这种评估所使用的方法包括计算机辅助模拟、情景分析、模拟尝试和共享的综合评估，以及基于现有的经验和专门知识的定性评估。第二次评估报告以来，无论是全球的还是区域的综合评估，还是在开发和应用这些方法方面，均取得了显著进展。

*到目前为止，综合评估模型的进展主要集中在全球或区域尺度上的减缓气候变化问题，气候变化影响、脆弱性和适应性问题则在其次。*因此，需要加强发展评估脆弱性的方法，特别是在已经感受到气候变化的影响并采取了响应措施的国家尺度及其较小尺度上；还需要发展明确地方法，包括适应性和适应能力、具有明确的特殊用途的方法。[2.4]

2.4 成本和估价

经济成本和估价的方法取决于使用、退化或储备资源的机会成本的概念。机会成本取决于市场的竞争或垄断，取决于外部性是否可内部化。它还取决于对未来的贴现率，贴现率随着国家、时间和时代的不同而变化。如果已知不同的可能结果的概率的话，则可评估不确定性的影响。公众的和非市场化的物品和服务可以通过对这些物品的支付意愿或因这些物品缺乏而可接受的补偿意愿进行估价。对不同的群体、社会、国家和物种的影响必须进行评估。如果采用内部一致的标准，对一国内个体和集体的福利选择配置进行比较是合理的，比较不同社会、伦理和政府结构之间的福利选择配置目前则尚无意义。

*第二次评估报告以来，在成本及估价方法论上没有新的实质性的进展。*将现有的方法用于更广泛的气候变化领域，揭示这些方法的有效性和局限性。目前，需要努力加强多目标评估方法的研究。虽然多目标评估日益重要，但是必须改进那些可能更精确地反映不同社会、政治、经济、文化的兼容性的基础标准化手段。另外，从方法学角度，综合这些跨领域的方法仍然不完善。[2.5]

2.5 决策分析框架

负责制定和履行适应性政策的决策者应该能够依靠一个或更多的决策分析框架的结果。常用的方法包括成本—效益分析和成本—效率分析、各种类型的决策分析（包括多目标研究）、参与技巧如政策的运用。

几乎没有决策者在评估适应对策时使用决策分析框架。在第三次评估报告中回顾的大量的气候变化影响评价中，只有一小部分包含了适应选择及成本、效益和不确定性特征的综合和定量评估。这些信息对决策分析方法应用于适应性问题都是必要的。在适应决策支持系统中需要大量应用这样的方法来确立它们的功效，以及确定气候变化的脆弱性和适应性研究方向。[2.7]

3. 未来变化情景

3.1 情景及其作用

情景是对世界未来可能状态的描述，这种状态是协调的、内部一致的和合理的。在气候变化影响、适应性和脆弱性评价方面，通常要求情景能提供被认为可能影响给定的系统或活动的未来可选择的展望。可区分为气候情景：描述IPCC特别感兴趣的强迫因子；非气候情景：提供与气候情景相对应的社会经济和环境状况。绝大部分未来气候变化影响的评价基于影响模式的输出结果，这种模式以定量的气候和非气候情景作为输入参数。[3.1.1，框3-1]

3.2 社会经济、土地利用和环境情景

描述未来社会经济、土地利用和环境变化的非气候情景对于表证系统对气候变化的敏感性、脆弱性及适应能力是非常重要的。这些情景最近才与气候情景一起在影响评价中广泛采用。

社会经济情景。社会经济情景被广泛地用于预测GHG的排放而不是评价气候脆弱性和适应能力。大多数社会经济情景确定几个不同的主题或领域如人口或经济活动，以及如管理结构、社会价值、技术变化形式等背景因子，这一情景使得我们可以建立基准的社会经济的脆弱性及先前的气候变化，确定气候变化的影响和评价采取适应措施之后的脆弱性。[3.2]

土地利用和土地覆盖变化情景。评估气候变化及其影响的几个核心过程均涉及到土地利用变化和土地覆盖变化（LUC-LCC）。首先，LUC-LCC影响碳通量和GHG排放，这将直接改变大气成分和辐射强迫特性。其次，LUC-LCC改变了土地表面特性从而也间接地改变气候过程。第三，地面覆盖的调整和转变也会改变生态系统的特性和它们对气候变化的脆弱性。最后，几个减缓GHG排放的对策和战略也涉及到土地覆盖和改变土地利用措施。现已有多种多样的土地利用变化和土地覆盖变化情景。这些情景大部分并不是明确用于解决气候变化问题，而是集中在其它问题上，如粮食安全和碳循环。第二次评估报告以来，在确定当前和历史土地利用和土地覆盖类型以及评估未来情景方面已经取得了很大的进展。目前综合评估模型是发展LUC-LCC情景的最适宜的工具。[3.3.1，3.3.2]

环境情景。环境情景涉及环境因子的变化，而并非指未来将会出现的不考虑气候变化的气候。由于这些因子在调整未来气候变化的影响上可能具有重要的作用，因此需要情景尽可能地描述未来可能的环境条件，如大气成分（如CO_2、对流层臭氧、酸化化合物、紫外线-B（UV-B）辐射），水的可获性、使用和质量以及海洋污染。在以往的影响评价中除CO_2肥效作用的直接影响外，很少考虑其它环境因子的变化，随着综合评价方法的出现，环境情景的应用正在增加。[3.4.1]

3.3 海平面上升情景

海平面上升情景设定为评估海岸带地区人类居住设施、自然生态系统和地貌构成受到威胁的程度。相对海平面情景（即相对于局部陆地表面变动的海平面上升）是许多影响和适应评价最关心的问题。潮汐相对位置和浪高需要有50年或更长的记录，以及恶劣天气和海岸过程的资料，以确定基准高度或趋势。最近的卫星测高法和水准测量技术已经促进和规范化了全球大面积的相对海平面的基准测定。[3.6.2]

尽管未来海平面上升的一些分量可以用海—气耦合模式进行区域模拟，但目前设定情景的最常用方法是用简单模型估算全球平均值。对海岸导致重大影响的极端

表 TS-1：SPES排放情景及其对大气构成、气候和海平面的影响。人口数量、GDP和人均收入比率（区域公平的一个措施）用于估算排放的综合评估模型的输入参数（基于表3-2和表3-9）。

时间	*全球人口（10亿）*[a]	*全球GDP（10^{12}美元/年）*[b]	*人均收入比率*[c]	*地面O_3浓度(ppm)*[d]	*CO_2浓度(ppm)*[e]	*全球温度变化（℃）*[f]	*全球海平面升高(厘米)*[g]
1990	5.3	21	16.1	–	354	0	0
2000	6.1–6.2	25–28	12.3–14.2	40	367	0.2	2
2050	8.4–11.3	59–187	2.4–8.2	~60	463–623	0.8–2.6	5–32
2100	7.0–15.1	197–550	1.4–6.3	>70	478–1099	1.4–5.8	9–88

[a] 2000年的数值为排放情景特别报告中6种排放情景的估计范围；2050和2100年的数值为排放情景特别报告中40种排放情景的估计范围

[b] 参见脚注a；国内生产总值（10000亿美元／年，1990）

[c] 参见脚注a；发达国家、经济转轨国家（附件一国家）与发展中国家（非附件一国家）的比率。

[d] 北半球工业化大陆的模型估算结果，利用A1F和A2排放情景，是排放情景特别报告的上限部分2000年、2060年和2100年的排放（TAP WGI 第四章）。

[e] 1999年的观测值（TAP WGI 第三章）；1990、2050和2100年的数值来自于简单模型，在运行了35个全部定量化的排放情景特别报告的排放情景，并考虑了与气候敏感性有关的碳循环反馈的不确定性（数据来自于S.C.B.Paper，TAP WGI 第九章）后得到。注意2050和2100年的范围不同于TAP WGI（附件II）提出的范围。在TAP WGI（附件II）中的范围是利用了排放情景特别报告中的6种排放情景运行了两种碳循环模型的结果。

[f] 相对于1990年的全球年平均气温，不同气候模型运行七种AOGCM、35种完全定量的排放情景的平均气候敏感度范围为2.8℃。

[g] 基于全球平均温度变化，但也考虑了陆冰、永冻层和沉积的不确定性(TAP WGI 第十一章)。

事件发生率的变化，如风暴潮和风浪，可以将历史上观测到的结果叠加到上升的平均海平面高度上作分析研究。最近，一些研究考虑用概率描述未来海平面上升，以超出影响风险临界值来评估海平面上升。[3.6.3，3.6.4，3.6.5，3.6.6]

3.4 气候情景

在影响评价中已经应用的气候情景主要有三种类型：增量情景，类比情景和基于气候模式的情景。增量情景是根据预测的未来变化对基准气候进行简单的调整，这对研究一个系统对气候的敏感性是一种有效的方法。然而，由于它们包含了强制的调整，从气象学上讲可能不是真实的。类比情景可从过去的记录或从其它区域类比变化了的气候得到，但可能难于辨别且很少应用，尽管其有时有助于认识超出目前范围的气候条件影响。[3.5.2]

最常用的情景是总环流模式（GCM）输出结果，且通常构造为通过模拟现在和未来气候之间的绝对或相对变化调整基准气候（典型的是基于如1961–1990年这样的参照期间区域气候的观测值）。虽然早期的平衡模式的结果还有应用，但最近许多影响研究是基于渐进GCM输出建立的情景。多数情景表示的是平均气候的变化，但最近的一些情景也已经体现（气候）变率和极端天气事件的变化，这些变化能对一些系统产生严重影响。GCM输出的是粗网格的信息。为获取区域详细的信息，有三种主要方法：简单内插、统计学的次网格尺度化和高分辨率的动力学模式。简单插值方法可以再现GCM变化的型式，在情景开发上得到最广泛地应用。相比而言，统计和模型手段可以产生有别于大尺度GCM估计的局地气候变化。还需要更多地开展研究评估分区域的影响，原因之一是GCM预测有大量的不确定性，还需要通过模式内部比较、新型模式的模拟检验，以及模型尺度化方法等使预测结果进一步定量化。[3.5.2，3.5.4，3.5.5]

3.5 21世纪的情景

2000年，IPCC完成了《排放情景特别报告》(SPES)

以取代早期IPCC1992年提出的6个IS92情景。这套更新的情景考虑了1990年至2100年时段内社会经济变化的假设范围（如：全球人口、国内生产总值）。对全球变化其它领域的影响也进行了预测，对2050和2100年的若干影响列于表TS-1。例如：7月份北半球工业化大陆在最高SPES排放情景下平均地面臭氧浓度预测将从2000年的约40ppb上升至2100年的大于70ppb，比较而言清洁空气的标准低于80ppb。在局部烟雾事件中臭氧的峰值可能高于此值数倍。在给定的SPES排放范围和有关碳循环的不确定性情况下（表TS-1），估计2100年CO_2浓度在478ppm至1099ppm的范围内的变化。这一变化范围也代表了辐射强迫的变化。这种变化范围意味着从1990年至2100年全球变暖估计为1.4-5.8℃，涵盖了气候敏感性的范围。这个幅度高于第二次评估报告的0.7-3.5℃，这是因为在SPES情景中辐射强迫的水平高于IS92a-f情景——这主要是对硫酸盐气溶胶排放的估计更低，特别是在2050年之后。至2100年，对于该全球温度变化的幅度并结合考虑冰融化敏感性的范围，相应地，全球海平面上升的范围是9-88厘米（第二次评估报告的范围是15-95厘米）。[3.2.4.1，3.4.4，3.8.1，3.8.2]

从区域气候的平均变化方面来讲，在假定的新SPES排放情景下运行GCM的结果与以前的运行结果相似。第一工作组提交给第三次评估报告的结论显示，预期的温暖化速率在大部分陆地上大于全球平均，在冬季高纬度地区更为显著。随着温暖化的持续进行，北半球的雪盖和海冰范围将减少。模拟显示，在6-8月份北大西洋和极地附近南部海域，以及南亚、东南亚地区和南美南部地区的变暖低于全球平均值。就全球而言，平均水汽和降水将会增加。局地而言，北温带、南极洲和赤道非洲在12-2月份的降水预计将会增加。在中美洲降水减少、而东南亚降水变化很小，对这一点，模拟结果都是一致的。估计6－8月份在北部高纬度地区、南极洲、南亚地区降水增加；在东南亚降水变化很小，在中美洲、澳大利亚、南部非洲和地中海区域降水减少。

*极端气候事件在发生频率和强度上的变化也是可以预计的。*基于第一工作组报告的结论，至2100年仅在温室气体胁迫下，伴随着炎热天气频率的增加，白天的最高和最低温度将很可能增加（参见表TS－2）。热浪也将很可能变得更加频繁，而寒潮和霜冻天气日数（在适当的区域）将会减少。许多地区高强度的降水事件在也很可能增加。亚洲夏季季风降水的变率也很可能增加。而在许多内陆地区，与厄尔尼诺相关的干旱——以及洪水——事件的频率也将加剧，热带气旋的最大风速强度和平均降水及最大降水强度也很可能增加。用目前的气候模式尚不能确定中纬度风暴在平均强度上的变化趋向。[表3-10]

3.6 我们怎样改进情景及其应用？

目前已经很好地确立和验证了情景开发和应用的一些特征，包括确定基准状态的全球和区域数据库的持续改进，在应用基于模式的情景之前，广泛应用增量情景以研究系统的敏感性，由专门国际机构或利用简单模型改进长期全球平均变化估计的有效性而且更被广泛应用，以及不断增长的可获取的信息，从而使构造使全球变化某些方面的区域情景成为可能。[3.9.1]

目前情景的发展也有很多缺陷，其中许多在积极的探索之中。这些探索包括尽力在情景中适当描绘社会经济、土地利用及环境变化、获取高分辨率（在时间和空间上）的情景、在情景中考虑变率和平均状态的变化。需要加强对建立情景方面的关注，在情景中强调与政策有关的问题，如稳定GHG的浓度或适应，以及改进对预测中不确定性的描述，并尽可能地在风险评估框架之内考虑。[3.9.2]

4. 自然和人类系统

自然和人类系统会受到各种气候变化的直接影响，如平均温度、降水量的变化、气温和降水变率的改变以及气候事件发生的频繁和严重程度等。自然和人类系统还受到气候变化的间接影响，如海平面上升、土壤湿度的变化、陆地和水体的变化、火灾和虫灾发生频率、带菌生物和寄主分布的变化等。系统对这些变化是否敏感取决于系统自身的一些特点，以及潜在的不利和有益的影响。适应能力可以缓解对系统的不利影响。人类管理系统的适应能力取决于可获得的资源、信息、技术、技能和知识，也取决于推动或限制人类系统如何响应气候变化的文化、经济、社会、政府各部门的稳定性和效率。

4.1 水资源

表 TS-2：预测的极端气候事件变化的影响案例。

预测的21世纪极端气候现象的变化和可能性[a]	*预测影响的典型案例*[b] *（发生在一些地区的信度为高可信度*[c]*）*
简单极端事件	
最高温度升高、在几乎所有地方热天天数和热浪[d]次数增多（*很可能*[a]）	· 老年人和城市贫穷人口的死亡率和重大疾病的发病率增加 · 增加对家畜和野生动物的热胁迫 · 旅游目的地的改变 · 增加降温需电量和降低能源供应的可靠性
最低温度升高；在几乎所有陆地地区冷天、霜冻天数和寒潮日数减少（*很可能*[a]）	· 降低与寒冷有关的发病率和死亡率 · 降低大量作物的危害风险，而增加对其它作物不利影响的风险 · 一些病虫害细菌的范围和活动扩大 · 降低取暖能源
强降水发生频率增大（许多地区*很可能*[a]）	· 洪涝、滑坡、雪崩和泥石流危害增加 · 土壤侵蚀增加 · 洪水径流增加导致一些洪水平原含水层回灌增加 · 政府与私营的洪水保险系统和赈灾面临的压力增加
复杂的极端事件	
中纬度内陆夏季干旱和旱灾的风险增加（*可能*[a]）	· 降低作物产量 · 由于地面下沉，对建筑地基的危害增加 · 水量与质量下降 · 森林火灾风险增加
热带气旋最大风速增大、平均及最大雨量增加(在一些地区*可能*[a])[e]	· 人的生命风险、传染性疾病流行风险和其它风险增加 · 沿海侵蚀和对沿海建筑和基础设施的危害增加 · 对沿海生态系统如珊瑚礁和红树林的危害增加
在许多地区与厄尔尼诺事件有关的洪涝和干旱强度增加（*可能*[a]） (参见干旱和强降雨事件)	· 降低干旱和洪涝易发区的农业和草地生产力 · 降低干旱易发区水力发电的潜力
亚洲夏季季风降水变率增加（*可能*[a]）	· 洪涝和干旱强度与对温带和热带亚洲的危害增加
中纬度地区暴风雨强度增加（现有的各种模型预测结果都不尽相同）[d]	· 对人身健康和生命的风险增加 · 财产和基础设施损失增加 · 对沿海生态系统的危害增加

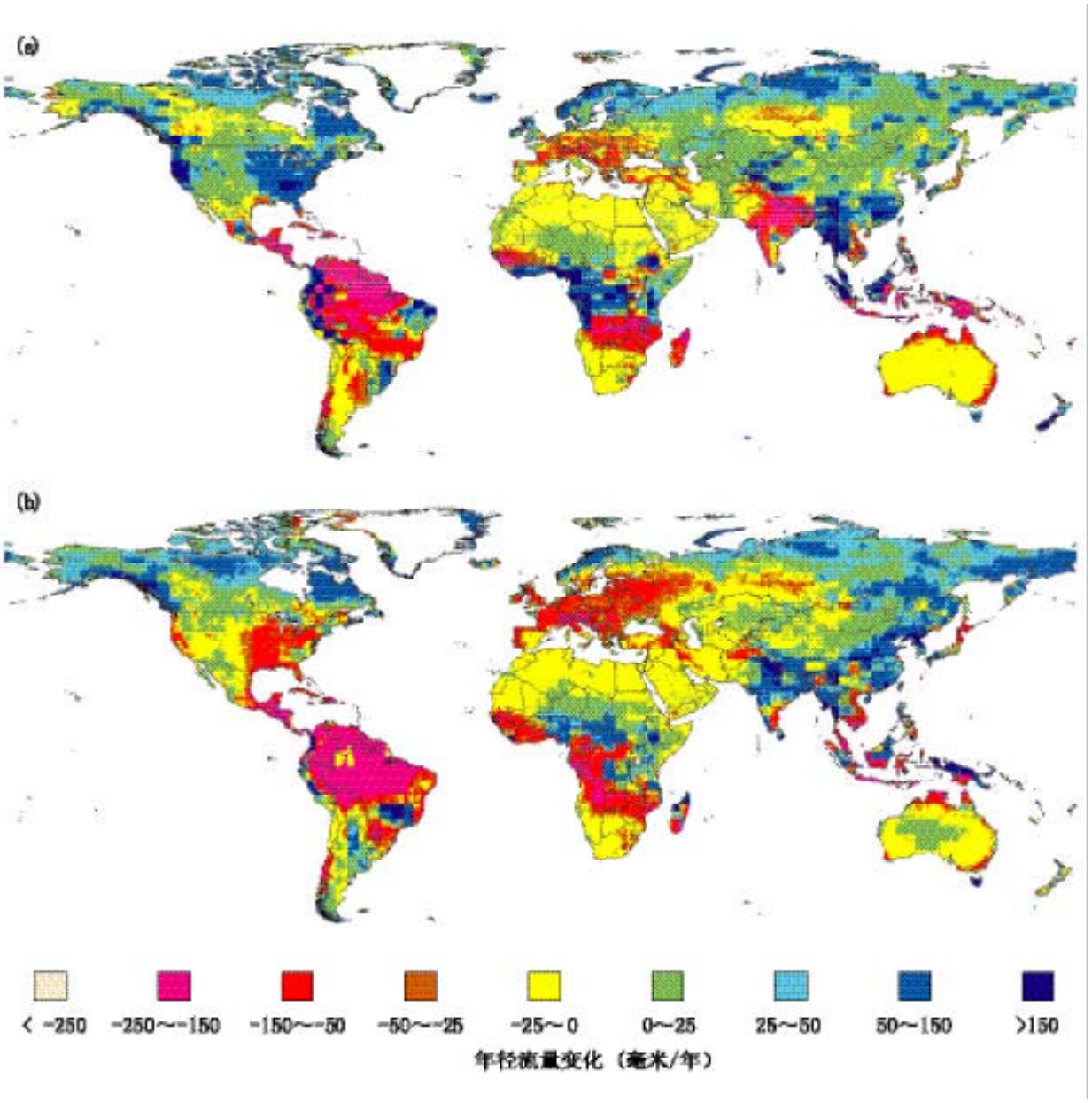
[a] IPCC第一工作组第三次评估报告利用可能性判断可信度：*很可能*（90–99%的可能性）；*可能*（66–90%的可能性）。如果在其它地方没有声明，有关气候现象的信息引自IPCC第一工作组第三次评估报告的决策者摘要。

[b] 通过采取适当的应对措施，将减轻不利影响。

[c] 高可信度的可能性为第二工作组第三次评估报告决策者摘要脚注6所述：67–95%。

[d] 信息来源于IPCC第一工作组第三次评估报告的技术摘要，F.5节。

[e] 热带气旋区域分布的变化是可能的，但还没有结论。



图TS-3：径流变化模式在很大程度上以来于降水变化的模拟结果，不同模式下结果不同。在图中，HadCM2模式和HadCM3模式下高纬度地区和东亚地区径流量增加[参见4.3.6.2]，中亚地区，径流量减少，地中海沿岸地区、南部非洲和澳大利亚在变化趋势上，大部分模型都有一致的结果。另外一些地区，降水和径流依气候情景而变化。

一些地区，呈现径流量明显增加或减少的趋势。由于影响因素很多，如水文状况随时间的变率、器测记录时间短和其它非气候变化因素，因此，判定是气候变化导致了径流量变化趋势的可信度还很低。*相反，观测到大范围的冰川加速退却、河流径流量峰值由春季变为冬季，这些现象与气温升高有很大关系*。这些现象的可信度很高，原因是这些现象主要是由于气温升高引起的，而不受影响河流径流量大小的那些因素影响。冰川将继续退却，许多小冰川会消失（高可信度）。退却的速度依赖于温度升高的速率。[4.3.6.1，4.3.11]

气候变化对径流量和地下水补给量的影响在不同地区和不同模式下是不同的，主要依赖降水变化情况而定。一些地区，不同的情景虽然预测的趋势是一样的，但变化幅度不同；在另一些地区，不同情景预测的径流量和地下水补给量的变化趋势不同。图TS-3为两种气候变化情景

预测的可能径流变化情况。预测的河流径流量和地下水补给量的趋势与强度的可信度在很大程度上取决于对降水预测的可信度。径流量在高纬和南亚地区增加，在中亚、地中海和南部非洲地区降低，这与气候模型预测结果一致。对其它地区的模拟结果则取决于模型。[4.3.5, 4.3.6.2]

*在降雪作为水分平衡中重要组成部分的地区，河水流量的高峰期由春季转为冬季（高可信度）。*气温升高，冬季降水量更多以降雨的形式出现，而不是像过去那样，在春季融化之前以雪的形态储存在地面上。在特别寒冷的地区，由于气温升高降水仍以降雪的形式出现，故地区径流量随时间的变化不大。径流量随时间变化最大的地区可能是在交错地带，包括中东欧、硌矶山脉南部，这些地方极小的增温都会大量减少降雪。[4.3.6.2]

*水温升高一般造成水质变坏（高可信度）。径流量可以改变温度对水质的影响，径流量可以加剧温度对水质恶化的影响，但也可减轻温度对水质的影响，这取决于径流量是增加还是减少。*在其它条件不变的情况下，水温升高改变了水体中的生物化学过程（一些使水质退化，一些有净化作用），更重要的是升温降低了水中溶解氧的浓度。在河流中，径流量增加可以抵消不利影响，稀释了各种化学成分。径流量减小，则使水中化学成分浓度增加。在湖泊中，径流量有可能抵消温度对水质影响，也有可能加重温度对水质的影响。[4.3.10]

*大部分地区洪水强度和频率可能会增加，一些地区枯水期流量可能会减少。*虽然对一些集水地区径流量变化的预测信度很低，但不同气候情景预测的极端流量和流量变率的变化趋势是一致的。虽然降水变化的影响还依赖于集水地区的其它一些特征，但预测的暴雨频率增加会引起地区洪水强度和频率的增加。枯水期径流量是降水量和蒸发量的函数。即使预测该地区的降水量增加或有很小变化，但如果预测蒸发量增加，枯水期的径流量也会进一步减少。[4.3.8，4.3.9]

当前全球大约1/3，即17亿的人口生活在贫水国家（定义为20%以上的用水来自循环水，作为贫水指标）。随着人口的增加，这个数目在2050年预计将增加到50亿左右，这与人口增长速率有关。预计气候变化会进一步减少许多贫水国家的河流径流量、地下水回灌量，例如，中亚、南部非洲、地中海近邻国家。

*一般来说，随着人口增加和经济发展，对水资源的需求量会增加，但有一些国家对水资源需求量也会减少。*气候变化也许降低一些贫水国家的可获水量，而使其它一些地区可获水量增加。气候变化对城市和工业用水的需求量不会有很大影响，但对灌溉用水量影响很大。对城市和工业部门，非气候因素将继续对供水需求有很大影响。然而灌溉用水主要由气象因子决定，在特定地区灌溉用水量无论是增多还是减少均取决于降水量的变化：温度升高和蒸散加剧，对灌溉用水的需求就会增大。[4.4.2，4.4.3，4.5.2]

*气候变化对水资源的影响不仅取决于河流径流量和地下水补给总量、时间分配和质量的变化，而且还取决于系统的特征、对系统产生的压力方面的变化、系统采取什么样的管理和措施适应气候变化。非气候变化因素可能比气候变化对水资源的影响更大。*水资源正面临着改变管理措施的挑战，许多方面的压力增加，将增加对气候变化的脆弱性，但许多管理措施的变化，可以减少水资源对气候变化的脆弱性。未得到管理的系统可能对气候变化是最脆弱的。可以肯定的是，目前没有管理措施来缓冲水文变率对这种系统的影响。[4.5.2]

*由于不确定性，使得目前的水资源管理面临气候变化问题引起的挑战。对水资源进行综合管理可以加强水资源适应变化的能力。*过去在设计和建设基础设施时没有考虑气候变化因素，因为不可能假设未来的水文状况与过去一样，所以，现在的关键是要把不确定因素考虑到水资源的计划和管理中去。对水资源进行综合管理是日益受采用的方法，以协调水分的供需平衡与变化，它要比传统的水资源管理方式灵活。提高了对每周、每月河流径流量的预测能力，也可能改善水资源管理和提高应对水文变化的能力。[4.6]

*然而，世界各国对气候变化的适应能力（特别是对水资源进行综合管理的能力）差异很大。*实际上，在市场规范和管理机制不健全的国家，对水资源进行综合管理是非常困难的，因此，解决问题的关键是要把水资源综合管理方法纳入到专门设置的机构。在这些地区，即使在没有气候变化的情况下，对水资源进行综合管理对改善管理效率也是很有必要的。[4.6.4]

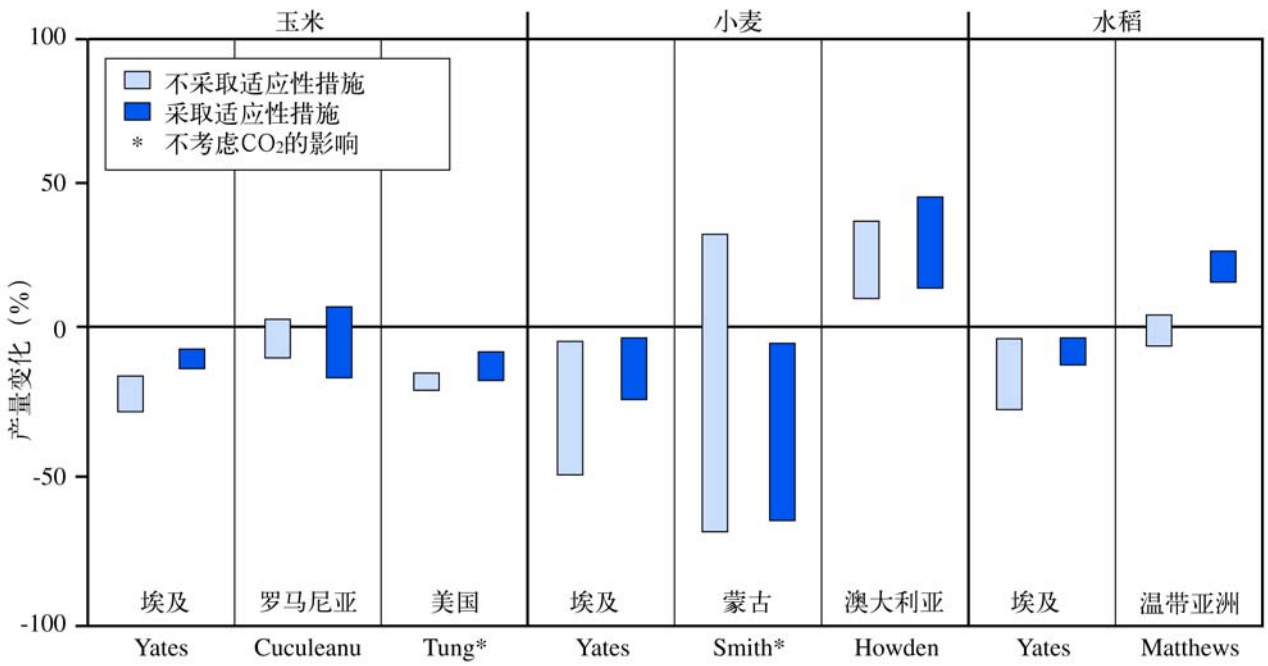


图 TS–4：图中表示在特定的气候变化情景下（有适应和没有适应，相应研究列于表 5–4）作物产量变化的百分比（图中用竖条表示）。每一列对应不同地区和作物。每两个竖条分别代表有适应措施和没有适应措施情况下的产量变化百分比。竖条范围表示在所有研究的气候情景中的最高的和最低的变化值。竖条水平方向没有任何含义。图中 X 轴上列出了各项研究的负责人的姓名。详细信息见 WGII TAR 第 5 章参考文献。

4.2 农业和粮食安全

在不同的作物种类、品种、土壤条件、对 CO_2 直接效应的反应和当地条件下，作物产量对气候变化的反应差异很大。温度升高低于几度时，温带地区作物产量一般增加，但各地情况还会有所不同（表 5–4），这结论为中等可信度。如果温度再升高，对温带地区作物产量会造成负面影响。对耕作制度进行适当调整可以减少温带地区粮食产量的损失，并在大部分地区可以提高粮食产量（图 TS–4）。在热带地区，一些作物所处的环境温度已经接近其所能忍受的最高临界气温；在旱作农业为主的地区，温度的极小增加一般会降低当地粮食的产量；在热带降水量大量减少地区，粮食产量会受到更严重的不利影响（中等可信度）。对耕作制度进行适应性调整，热带地区粮食产量受到负面影响的程度会比不作调整要小一些，但产量还是下降，这结论为中等可信度。各种极端事件也将对粮食产量造成影响。最低温度升高对一些作物有利，特别是温带地区的作物，但同时也会对另一些作物带来负面影响，特别是低纬度地区的作物（高可信度）。最高温度升高一般对很多作物都会造成负面的影响（高可信度）。[5.3.3]

第二次评估报告以来，有关 CO_2 对作物直接影响方面研究的重要进展表明：CO_2 对作物的有益作用在某种胁迫下可能表现更加明显，包括温度胁迫和水分胁迫。虽然这种影响只在少数几种植物上、在试验条件下观测到，了解还不完全、不能完全适合大田环境。农业对气候变化的适应研究也取得了重要进展。用作物模型进行的大量模拟试验表明：在农场水平上调整耕作方式如播种日期和改变品种所需费用不高。用作物–经济模型、综合评价模型、计量经济模型进行综合模拟表明，一些直接的适应措施如土地利用变化、灌溉设备配置和建设，所需费用很高。

土地退化和水资源减少是未来农业生产所面临的主要挑战。如果温度和降水产生负面影响，可能进一步加剧

土地和水资源退化进程。土地利用和土地管理比气候变化对土壤状况的间接影响更大。于是，适应措施可以明显减轻这些因素的影响。目前需要开展研究的关键问题是评价资源条件的退化是否会明显增加农业和农业人群的脆弱性的风险。[5.3.2，5.3.4，5.3.6]

如果不发生气候变化，全球和区域的大部分研究都预测农产品的价格会下降。对未来预测的可信度还会降低。*估计气候变化对农业的影响对全球收入的波动影响很小，在多数发达地区一般产生正面影响，在发展中地区正面影响较小或为负面影响（低到中等可信度）*。减轻气候变化影响的适应措施（农艺上和经济上的适应措施）的有效性在不同地区是不相同的，很大程度上取决于各地区的资源，包括稳定的和有效的体制。[5.3.1，5.3.5]

大部分研究表明：年平均温度升高2.5℃或更高会提高农产品的价格（低可信度），因为全球粮食生产增加的速度低于对粮食需求的增加速度。如果年平均气温升高低于2.5℃，全球影响评价模型就不能区分气候变化和其它影响因子的变化对粮食生产的影响。最近还对脆弱人群如小生产者和城市贫困人口进行了综合研究以估计气候变化对他们造成的经济影响。研究显示：气候变化会降低脆弱人群的收入水平，增加处于温饱线以下的绝对人口数量（低可信度）。[5.3.5，5.3.6]

虽然冬季温度升高可以减小温带地区新生家畜的死亡率，但如果没有相应的适应措施，极端气候事件增加有可能增加与热胁迫有关的家畜死亡率（确定但不完全）。一种有效的方法应是采取各种手段使家畜能从生理上适应温度升高的影响。然而，由于还缺乏实验和模型模拟，这方面的研究做得还不够。[5.3.3]

由于存在一些不确定性，用大尺度、综合评估模型定量估算气候变化对生产、收入和价格影响的可信度还很低。这些模型对一些已经进行过敏感度分析的要素反应都相当敏感。然而，对其它大量参数是否敏感还未见报导。其它一些不确定性还包括在目前田间条件下CO_2浓度升高对作物产量的影响程度和持续情况、病虫害对作物和动物影响的潜在变化、作物响应气候变化的空间变率，以及气候变率和极端事件的变化对作物和家畜的影响。[框5-3]

4.3 陆地和淡水生态系统

生态系统易受很多因素的影响，如土地利用变化、养分和污染物质的沉降、收获方式、放牧、外来品种的入侵和自然气候变率等。气候变化是可以改变或使这些系统面临危险的额外因素。土地和水资源适应性管理和其它因素的相互作用可以改变气候变化对这些系统的影响。对于进行商品生产（如种植的木材生产）的集约化管理的土地和水体，集约化程度越高，它适应气候变化的能力就越强。[5.1，5.2]

气候变化、不适宜的生境和破坏生境的土地利用变化因素的协同作用已经威胁到许多物种的数量，有可能使这些物种面临更大的风险。如果没有适应措施，在21世纪内，一些被分类为“濒危”的物种将会灭绝，分类为“受到危害或脆弱”的大部分物种将会越来越稀少（高可信度）。这对那些主要以野生动物为生的低收入人群来说影响最大。除此之外，物种减少会影响野生动物对整个生态系统的作用（例如昆虫授粉、天敌害虫防治等），影响到娱乐（狩猎，野生动物观赏等）和土著人的文化和宗教活动。降低物种灭绝风险的适应措施包括：建立动物庇护场所和公园、建立物种迁移保护通道以及人工喂养和转移物种生存地点。然而，这些措施由于成本过高而受到了一定的限制。[5.4]

大量的观察和试验研究表明，区域气候变化与生态系统的生物和自然过程之间是有联系的。如北部高纬度地区植物生长季节每十年延长1.2到3.6天（这是改变群体组成的一个因素）；湖水和河水的温度升高减少了冰面覆盖的时间；高山牧草分布上移；热胁迫引起野生物种死亡和分布面积减小。其它的变化还包括种群数量的变化、物种个体大小以及迁移时间的变化（参见TS 2.1和7.1，图TS-11，表TS-16中的更多信息）。[5.2.1]

第二次评估报告以来的植物分布模型研究表明：由于物种之间有不同的气候适应能力、不同的迁移能力，以及由于外来物种的影响等，不可能发生大的生态系统和生物群系的迁移。生态系统的组成和优势物种的改变都会导致生态系统类型发生变化，变得与目前我们所见到的完全不同。但这些改变一般会滞后于气候变化几年、几十年甚至几百年的时间（高可信度）。上述研究中还没有

包括干扰因素的变化如火灾、毁灭性灾害或害虫侵入等的影响。[5.2]

*最新模型研究表明气候变化可能会显著地破坏生态系统（高可信度）。*针对生态系统受到破坏和生态系统迁移可能性大的地区，进一步开发了在第二次评估时已有的简单相关模型。正在使用观测数据、较新的植物动力学模型和渐进气候模型相嵌套改善预测结果。然而，精确的输出结果取决于详细的过程，目前的模型还不能完全包括这些太详细的过程。[5.2]

*CO_2浓度升高会提高大部分生态系统的净初级生产力（植物生长、枯枝落叶和死亡），而温度升高可能会产生正面或负面的影响（高可信度）。*对不同树种进行多年的 CO_2 影响试验结果表明：在 CO_2 高浓度水平下，植物的光合作用强度增加，长期施用 CO_2 后，没有迹象表明对 CO_2 的敏感性降低。然而，CO_2 浓度对生态系统净生产力（包括植物生长、枯枝落叶、落叶分解、土壤循环）和生物群落净生产力（包括上述方面和火灾和其它干扰）产生正面影响的可能性较低，一般可能是负面影响。从第二次评估报告以来的研究证实，气候变化通过各种天气灾害和营养循环的变化对植物产生影响，影响最严重和发生时间最早的可能是发生在北方森林。[5.6.1.1，5.6.3.1]

陆地生态系统储存的碳量似乎在增加。第二次评估报告将这归因于大气中 CO_2 浓度增加、气温升高和土壤湿度的改变，这些因素相互作用增加植物生产力。最近的研究也表明植物生产力增加，但在大田条件下生产力增加的幅度低于盆栽试验结果*（中等可信度）。*因此，陆地生态系统固碳量的增加主要是受土地利用和土地管理方式变化的影响，其次是受到 CO_2 浓度增加和气候变化的影响。由于上述多种因素的相互作用，哪种陆地生态系统继续为碳汇还不能确定（例如，北极陆地生态系统和湿地生态系统即可以作为源也可以作为汇）*（中等可信度）。*

气候变化可能会降低干旱和半干旱地区（例如草原、干林地、林地）土壤含水量和生产力。CO_2浓度的增加可以抵消一部分损失。然而，很多干旱和半干旱地区同时还受到厄尔尼诺、拉尼娜和其它极端气候事件如火灾的影响。这些事件和干扰频率的变化会导致生产力的降低、潜在的土地退化，储存在系统中的碳有可能丢失或吸收碳的速率降低（中等可信度）。[5.5]

*部分湿地可能演变为林地和荒地，永冻土的融化使冻土带受到破坏（高可信度）。*在高纬度地区，气候变暖对生态系统碳储量最初可能有不利影响，因为气候变暖使有机碳的分解速率可能比碳的增加速度更快。在这些系统中，冬季反射率和对能量吸收的变化可能在几十到几百年时段内对冬季变暖有正反馈作用，并引起雪融化时间提前和森林分布向极地迁移。[5.8，5.9]

*大部分湿地的作用依集水地区的水文情况而定，因此，实际操作不太可能采取响应气候变化的适应性措施。*北极地区和北极外围的冰原沼泽湿地地区，以及南部集水面积很小的湿地地区，可能对气候变化最脆弱。东南亚的泥炭土地的转变利用方式的速度和排水措施的增加，将极大地增加这些地区发生火灾的风险和影响热带湿地的环境。[5.8]

*高纬地区和高山生态系统适应气候变化的机会有限，因为这里的生态系统最易受到全球气候变化的影响。*对野生资源的精心管理可以使气候变化对土著人的影响达到最小。许多高纬度地区特别依赖于一种或少数几种资源，如木材、石油、驯鹿，或以防火为职业。经济南多样化可以在资源获得性、特定物品和服务的经济价值发生巨大变化时降低这种变化。在许多高山群落的一些地方特有的物种，由于它们没有能力向更高海拔迁移，这些物种对气候变化非常脆弱。[5.9]

*与第二次评估报告相反，全球木材市场研究表明：考虑到土地和产品管理方面的适应性措施全球气候变暖可能增加全球木材市场的供应（中等可信度）。*在区域和全球尺度上，适应措施的范围和种类将主要取决于木制和非木制产品的价格、替代品的相对价格、管理成本和技术。在具体地区，森林的生长和生产力的变化将制约并可能限制适应战略的选择（高可信度）。在市场经济条件下，可通过土地和产品管理，进而反应在价格上调节适应措施。管理森林的适应措施包括：砍伐死的或趋于死亡的树木、种植更适应当地气候的新品种、种植转基因品种、加强或减少管理。消费者将从降低木材价格中获益，生产者可能获益，也可能受到损失，这将取决于区域木材生产的变化情况及其产生的相应影响。[5.6]

气候变化将导致鱼类分布的北界（北半球）和南界（南半球）向两极地区迁移，寒带地区和冷水域的鱼种生存环境将消失，温暖水域中的鱼种的生存环境将扩大（高可信度）。作为一类系统，内陆水域系统对气候变化和其它压力是脆弱的，因为其范围小，并受到大量人类活动的干扰（高可信度）。最脆弱的部分包括湖冰和河冰的减少和消失（极高可信度）、冷水水域的鱼类生存地消失（极高可信度）、灭绝数量和外来鱼种的侵入增加（高可信度）、目前的污染可能加剧，如富营养化、有毒废物、酸雨和紫外线辐射（中等可信度）。[5.7]

4.4 海岸带和海洋生态系统

全球气候变化将导致海洋表面温度升高、海平面上升、海冰覆盖减少和海水盐度、海浪和海洋环流发生变化，这些变化有的已经发生。预计海洋变化对全球气候和近沿海地区气候都具有重要的反馈作用（参见TAP WGI）。同时，它也可能对海洋生物生产包括渔业生产产生深远的影响。例如，海洋环流的变化和海水的垂直混合作用将影响水体中生物成分的分布和海水对CO_2的吸收效率，海水上涌对沿海渔业和沿海气候都有重大影响。[6.3]

如果和厄尔尼诺现象有关的增温事件发生的频度增加，海洋浮游生物和鱼类幼苗数量可能减少，并对鱼、海洋哺乳动物、海鸟和海洋生物多样性有不利影响（高可信度）。第二次评估报告以来，已经认识到除ENSO(厄尔尼诺和南方涛动)的变化之外，多年稳定的气候——海洋状态从一种状态转变为另外一种状态，鱼群的数量都会受到这种波动的影响。现在越来越多的人认为鱼群数量的波动不仅是由于鱼群数量过多或其他种群因素造成的，也是生物对中期气候变化的一种反应。同样地，海洋哺乳动物和海鸟的生存也受到年际间和长期海洋和大气的一些特性和过程变化的影响，特别是在高纬度地区，这种波动和影响更大。[6.3.4]

在气候海洋系统对渔业管理的作用方面有了进一步的认识，从而可以采取相应的适应措施，这些适应措施是基于可接受的捕捞比例和鱼数量的恢复。对与气候有关的因素引起鱼群分布情况的变化有了进一步的认识，结果表明：许多国家渔业的可持续性将有赖于增加双边或多边捕捞协议的灵活性、结合国际鱼群数量评价和管理计划等的适应性措施。营造可持续发展的渔业还依赖于气候相关因素对渔业的影响，依赖于对捕捞压力和生存环境等因素的协同作用的了解。[6.3.4，6.6.4]

扩大海洋养殖业的适应措施可以部分地补偿捕捞量的减少。1990年以来，海洋水产业产量翻了一倍，1997年其产量已经占到市场上鱼类和贝类产品总量的30%。但是，将来水产业的生产力可能会受到一定的限制，因为提供鱼肉、鱼油和作为其他鱼类食物的鱼种可能易受到气候变化的不利影响，数量不断减少，如鲱鱼、凤尾鱼等。海洋温度升高和有机物的富营养化导致溶解氧浓度降低，为野生和饲养鱼类疾病的传播以及沿海海藻的爆发创造了条件。因水产业的发展而引发的沿海地区污染和生境破坏，也可能会限制海洋野生动物储量的增加和生存。[6.3.5]

许多沿海地区正在遭受到潮汐抬高、海岸带侵蚀加剧、海水倒灌侵蚀淡水资源等不利影响。随着气候变化和海平面的上升，这些影响还会进一步加剧。海平面上升对那些砂质和沙砾的海岸和海堤、海岸沙丘和湿地环境的丧失、许多中纬度低海拔地区灌溉的影响尤为严重。沿海生产力高的生态系统、沿海居民区以及海岛状况将继续面临一些压力，预计这些压力具有非常不利的影响，并可能在某些情况下成为灾难性的影响。[6.4]

低纬度热带和副热带海岸线地区，特别是那些人口压力特别大的地区，易受气候变化的影响。这些影响会加剧现存的许多问题。例如，在某些三角洲地区，过量抽取地下水、大量截流河水用于灌溉等人类活动导致地面下沉。海平面上升将加速淹没低海拔地区、加速地下水的盐碱化以及增加对海岸带的侵蚀等等。亚洲一些较大的三角洲地区和一些小岛国目前比十年以前更脆弱。在未来，这种脆弱性将继续增加，这些地区的风险特别大。[6.4.3，6.5.3]

尽管就气候变化对高纬地区（极地）的沿海地带的各种影响研究很少，但这些地方也可能受到气候变化的影响。除了以岩石为主或快速浮现的海岸以外，海平面的上升、更剧烈的海浪、海面冰盖的减少、地面温度的升高促进永久冻土融化和地面冰面减少，将造成沿海地区土地面积减少，这些影响的综合作用对居民和基础设施产生严重影响，还会引起海岸带的退却。[6.4.6]

*海平面上升、海面温度升高、海面风暴数量和频率的任何变化都会影响到沿海生态系统，如珊瑚礁、暗礁、盐沼、红树林、淹没的水生植物等。*海平面上升对红树林和盐沼的影响程度取决于海平面垂直上升速度和淹没陆地面积的多少，可以通过开发海岸带来减轻这种影响。随着海平面升高，珊瑚礁可能还能得以保存，但由于受到海水的漂白作用、紫外线的影响、污染以及其他方面的影响，珊瑚礁会退化。过去20年，珊瑚礁白化作用与几种因素有关，包括海洋温度升高。未来海面温度进一步升高，对珊瑚礁的影响会进一步加剧，还将导致海洋疾病发生频率增加（高可信度）。CO_2浓度的增加会影响海水化学组成的变化，这些变化对珊瑚礁的发育与健康有不利影响，也对沿海渔业和利用珊瑚礁资源有不利影响。[6.4.4，6.4.5]

目前很少开展对气候变化引起的海浪高度和方向、海浪和风暴潮的潜在变化的研究。预计这些变化对沿海的自然和人类系统都会造成严重的影响，因为这些变化将进一步增加海平面升高的不利影响。

*利用90年代早期形成的方法对不同的海岸类型的脆弱性进行了综述。*这些研究和以后的研究证明，不同国家、不同地区脆弱性存在时间与空间上的差异。运用通用的方法，确定了三种沿海适应战略：即保护、适应、和退避。从第二次评估报告以来，对沿海地区的适应措施进行了一定的修正，以前重点强调硬件保护（如防海墙、腹股沟），现在更多的强调软性保护措施（即海滩管理）、有计划的退避以及促进生物物理和社会经济的恢复，包括利用洪涝保险分摊财产风险。[6.6.1，6.6.2]

对沿海地带和海洋生态系统进行综合评价，更好地了解它们与人类活动和多年气候变率之间的相互作用，将有助于本地区可持续发展和管理。如果在制定适应措施中综合地考虑其他地区的政策情况，如降低灾害的计划和土地利用规划等，那么沿海地带和海洋生态系统管理的适应措施就会更有效。

4.5 人居、能源和工业

气候变化对人居的影响是一种综合的影响，它最初表现为与人居有关的其它因素发生改变，在不同地区、不同地域范围、不同经济条件以及不同的政治和机构能力受影响的情况和程度不同。结果很难对并没有很多例外的气候或气候变化的重要性给出一个概括的定论，但可以根据各地气候影响的方式、地域范围和其他一些能具体考虑到的因素及其适应能力（财富、平民教育、技术和机构能力），先来对人居进行分类，以有助于解释各种影响因素之间的差异。[7.2]

气候变化对人居的影响主要通过以下三种方式之一：

1）气候变化改变了生产力（如农业和渔业）或改变了市场对某种商品和服务的需求（包括本地居民需求的改变和外来游客需求的改变），影响了支撑人居条件的经济部门。影响程度部分取决于居住区是农村还是城市农村。农村一般依赖一种或两种基于资源的行业，城市一般（但不总是）依赖多种可选择的资源。同时，受影响的程度还依赖于人居的适应能力。[7.1]
2）气候变化也许直接影响了居住地的基础设施（包括能源运输和分配系统）、建筑物、城市服务设施（包括运输系统）和特定行业（如农用工业、旅游业和建筑业）。例如，三角洲地区的建筑物和基础设施也许会受到沿海和河水泛滥的影响；城市能源需求会随着制冷、取暖需求的改变而改变；沿海和山区的旅游也许会受到季节气温变化、降水季节模式变化和海平面上升的影响。尽管城市有一定的经济规模和可能保证良好的基础设施和服务条件，但其人口密度和基础设施也意味着较多的人口和较多的资金将面临风险。综合考虑这些因素与其它预防措施将极大地降低风险程度。然而，在非洲、亚洲、拉丁美洲和加勒比海的较大城市以及较小的居住地（包括乡村和小城镇），要想降低这种风险则面临着缺乏财力、政治力量薄弱和机构能力差的困难。[7.1]
3）极端天气事件、健康状况的改变或迁移可能直接影响人群。极端天气事件可能导致死亡、意外受伤和疾病。例如：冷胁迫减少，人们的健康状况可以得到改善，热胁迫和疾病的增多，人们的健康状况会受到不利影响。气候变化导致的人口迁移可以影响居住地的人口数量和特点，反过来也会影响到对该城市服务的需求。人口多的城市（如人口数量超过100万）、中等城市和小城市所存在的问题在某种程度上是不同的。大城市是农村、较小居住地和边界地区移民的目的地。但是人口聚集地区对国家自然资源的需求量也较多。因此，较小的居住地可能在气候变化下更脆弱。

表 TS-3：气候变化对人居的影响，按影响类型和居住类型分类（影响机制）[a, b]

影响类型	*居住区类型，程度排序*												*可信度*[c]
	依赖资源（对资源的影响）				*沿海、沿河和低洼地（对建筑及基础设施的影响）*				*人口大于100万的城市（对人口的影响）*		*人口小于100万的城市（对人口的影响）*		
	城市，适应能力高	*城市，适应能力低*	*乡村，适应能力高*	*乡村，适应能力低*	*城市，适应能力高*	*城市，适应能力低*	*乡村，适应能力高*	*乡村，适应能力低*	*适应能力高*	*适应能力低*	*适应能力高*	*适应能力低*	
洪水、滑坡	低－中	中－高	低－中	中－高	低－中	中－高	中－高	中－高	中	中－高	中	中－高	****
热带气旋	低－中	中－高	低－中	中－高	低－中	中－高	中	中－高	低－中	中	低	低－中	***
水质	低－中	中	低－中	中－高	低－中	中－高	*低－中*	*中－高*	低－中	中－高	低－中	中－高	***
海平面上升	低－中	中－高	低－中	中－高	中	中－高	*中*	中－高	低	低－中	*低*	中－高	**** （**依赖资源的地区）
热浪／寒潮	*低－中*	*中－高*	*低－中*	*中－高*	*低－中*	低－中	低－中	低	低－中	中－高	低－中	中－高	***（****城市）
水资源短缺	低	*低－中*	中	中－高	*低*	*低－中*	*低－中*	*中－高*	*低*	*中*	低－中	*中*	***（**城市）
火灾	*低－中*	*低－中*	低－中	*中－高*	*低－中*	*低－中*	*低－中*	*低－中*	低－中	低－中	*低－中*	*中*	*（***城市）
冰雹、风暴	低－中	低－中	低－中	中－高	*低－中*	*低－中*	*低－中*	*中*	低－中	低－中	低－中	低－中	**
农业／林业／渔业生产力	低－中	低－中	*低－中*	*中－高*	低	低	低	低	*低*	*低－中*	*低－中*	*中*	***
空气污染	低－中	*低－中*	低	低	?	?	?	?	低－中	中－高	低－中	中－高	***
永久冻土融化	低	低	低－中	*低－中*	低	低	低	低	?	?	*低－中*	*低－中*	****
热岛效应	低	低	?	?	低	低	?	?	中	低－中	低－中	低－中	***

[a]表中的数据是由作者根据参考文献中的直接观测和参考其他地方的影响确定的。印刷体的数值来源于等级级别；黑体数值表示来源于文献的直接观测；斜体数值表示参考了其它相似的影响。一般的印刷体值代表对不同人居类型的逻辑推断，但未能从研究中得到证实，也未能参考其它的相似的影响。

[b]影响等级分类：低（L）＝没有可察觉的影响，或容易克服的影响；中（M）＝有明显的影响，尽管影响不是破坏性的，但需要巨大的投资和在适应方面有一定难度；高（H）＝明显的破坏性影响，也许不能克服这些影响，或者适应费用巨大（本影响研究是基于CO_2倍增的情景，或基于对目前天气事件影响的描述，但在评价对21世纪中后期时，纳入了IPCC的渐进情景）。注意“城市1+M”和“城市〈1M”分别指人口超过和低于一百万。

[c]对可信度的分级，参见技术摘要1.4节。

在发展中国家，大中城市周围不规范的居住地很受关注，因为他们目前面临若干健康与环境灾难。而气候变暖将加剧这种灾难，同时他们所能利用的资源也有限。[7.1]

表TS-3是气候变化和人居相互关系中气候引起的环境变化的几种类型。表中列出了三种常见的人居类型，每一种都基于三种不同的气候影响人居机制中的一种。气候变化通过这些机制影响居住条件，这种影响与作用机制有关。因此，对一个特定的居住区，由于气候变化影响资源基础（如农业生产产量提高），则产生正面的影响，或气候变化影响基础设施（如洪水的经常发生造成一定的损害，电力系统负荷过重等），而产生负面的影响。不同的居住区受影响的程度可能不同（例如海平面上升对内陆地区的居住条件没有直接的影响），影响程度由高到低排序。目前对人居影响评价的研究大多基于CO_2倍增的气候情景，或者是基于目前天气事件（类比），还没有基于IPCC的渐进气候模型进行研究。[7.1]

气候变化可以重塑一个地区的局部环境，如造成一定地区水分过多或亏缺，有时是同一地区季节变化不同。*气候变化后潜在的最广泛、最严重的影响是由于降水强度的增加和海平面上升而导致的洪水、滑坡、泥石流、雪崩的影响*。现在越来越多的研究表明：几乎每一个气候带的各种居住地区都可能受到气候变化的影响（确定，但不完全）；沿海和沿河的居民可能最易受到气候变化的影响；城市地区在暴雨多发时会出现洪涝的危害，因为这些地区缺乏预防严重影响的排水设施、缺乏对水供应和废弃物管理系统的处理能力和复杂的设计（包括传统的硬件和更先进的系统设计）。另一个影响最严重的是热带气旋（飓风或台风），在热带地区，热带气旋强度可能增加。热带气旋与暴雨、飓风以及沿海地区的风暴潮等共同作用，可能对内陆造成破坏性灾难。它们在地域上不像洪水和泥石流那样普遍。全球有数亿人口的居住地受到洪水的危胁。例如，据估计，在中尺度气候情景下，2080年海平均将上升40厘米，每年全球受风暴潮影响的人数将增加几倍（从7500万到2亿，与适应措施有关）。海平面上升造成的沿海基础设施的损失在一些国家就可达数百亿美元，如埃及、波兰、越南。表TS-3中列出了如热浪、寒潮等带来的影响，这些对资源状况（如农业）、人类健康、提供冷暖的能源需求的影响可能是巨大的，也包括了对环境的影响，如降低空气和水体的质量。在一些地区，暴风、水资源短缺、火灾等也有中等程度的影响。永久冻土融化、热岛效应对一些地区可能造成一定的影响，但从全局来说对居住区的影响程度较小，在适应措施上很少给予考虑。[7.2，7.3]

预计全球气温升高导致制冷能耗增加而取暖用能减少。热浪增加将增加制冷用能，而寒潮频率的减少则降低取暖用能。不同地区和不同的气候情景下，气候变化对能源消费的影响是不同的。居所、能源系统、工业等适应气候方面，使设计和建造处于更严重的天气事件的居住地和如何充分利用气候变化的有利方面提出挑战。例如，众所周知，电网的传输系统就会受到极端事件如热带气旋、龙卷风和冰雹等的影响。如果一个地区在不需要很多的基础设施投资的条件下，居住区就能避免环境灾难和对他们健康的影响，反映了当地的适应能力。气候变暖意味着当地居民不仅要适应气温的升高，而且还要求适应其它的环境变化。城市专家一致认为：如果一个地区没有很好的基于当地的、有助于获得国家资源的技术、机构能力和政治支持，那么这个地区就不能成功的适应环境变化。[7.2，7.3，7.4，7.5]

可采用的适应措施包括：居住区及其基础设施规划和工业设施的合理布局。从长远来考虑制定政策以降低那些目前发生机率很小（但正在增加），但影响程度很大（可能增加）的事件的不利影响。许多传统的和先进的技术有助于更好地进行环境管理和计划，包括利用市场机制来调节污染控制、需求管理和减少废弃物、混合利用分区制和交通规划（制定适当的条款鼓励骑自行车和步行）。同时，适应措施中还包括环境影响评价、能力研究、环境战略计划、环境审核、国家环境状况报告等。许多城市已经综合利用这些战略措施制定“地方21世纪议程”。许多地方21世纪议程都对一系列城市问题提出相应措施，这些问题与未来的气候变化有密切关系。[7.2，7.5]

4.6 保险及其他金融服务机构

金融服务部门，从广义来讲可以分为公共机构和私营机构，他们可以提供保险、减灾、金融、财产管理等服务，由于该部门对气候变化反应敏感，同时它的综合作用会对其他部门产生影响，因此金融服务部门成为表示气候变化对社会经济潜在影响的一个特定指标。此部门是适应性的主要行为机构（比如支持制定建筑规则，在一定

程度支持土地利用规划），并且金融服务部门形成了风险分摊机制，通过这种机制将气象灾害损失分摊于其他部门和整个社会中。但是，不管是公共还是私营部门提供的保险，因在脆弱地区如美国发生洪水的平原和海岸带地区引入发展项目会成为自满和错误的适应措施。。气候变化对金融部门的影响主要通过极端事件分布频率和强度的变化表现出来（表 TS–4）。[8.1，8.2，15.2.7]

近几十年来，极端天气事件造成的损失呈快速上升的趋势。重大事件造成的全球经济损失从20世纪50年代的年均39亿美元增加到了90年代的年均400亿美元（以1999美元核算，没有进行购买力校正），这些损失中约有1/4来源于发展中国家。同期损失中的投保额也从几乎为零增加到了年均92亿美元。如果包含了各种事件，损失会再增加1倍（见图 TS–5）。虽然在基础设施建设和加强灾害防备方面进行了非凡而不懈的努力，但气候灾害导致的损失还在快速增长，而且这些努力仍然无法确定业已观测到的增加的损失，即使是一直致力于将自然因素和人为驱动作用区分开来的理论研究也没能定量分析这种影响。在1985年和1999年间，作为保险业脆弱性的指标，全球财产／意外事件保险费与天气有关损失的比率降低了三倍。[8.3]

过去灾害损失的上升趋势，一部分和社会经济因素有关，如人口增加、财富增加、脆弱地区的城市化加剧等，另一部分和气候因素有关，如降水量的变化、洪水和干旱事件等。准确区分这两种因素非常复杂，而且在不同的地区和不同的事件中这两种因子的作用也不均衡。许多观测到的与气象相关损失的变化趋势和气候变化下的预期趋势一致。值得注意的是，由于人为因素和非气象因素导致的损失比气候因素导致的损失低得多。[8.2.2]

近期的经历表明，和气候相关的损失会迫使保险公司削弱收益率，提高保险费，减少覆盖面，提高对公共补偿金和减灾款的需求。气候变化不确定性的增加，将增加保险和政府部门的脆弱性、适应性措施的复杂性以及减灾的艰巨性。[8.3，15.2.7]

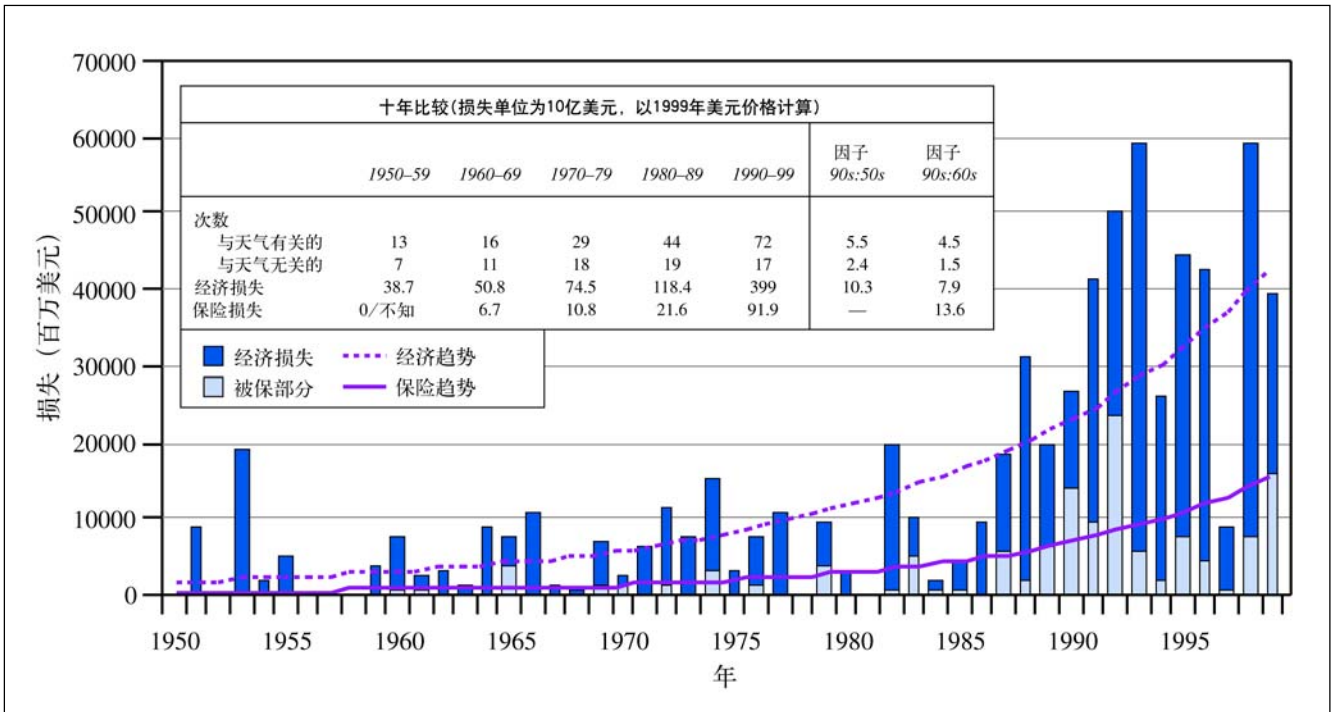


图 TS–5：气象灾害的损失近几十年来呈现迅速增长的趋势，重大事件的年经济损失从50年代的40亿美元／年增加到90年代的400亿美元／年（以1999年美圆价格计算），增加了10.3倍；同期保险损失金额由最初的可以忽略到92亿美元／年，重大灾害损失的保险比例下降了2/3。值得注意的是，日常损失基本有两种情况，包括了非灾害性天气事件。如果将普通的非灾害性事件也包括在内，损失将增加两倍。图中数字来源于正式的自保费用，不包括不太规范的自保费用。

表TS-4: 极端气候现象及其对保险业的影响：观测到的变化以及21世纪的预期变化（表3-10后；另见表8-1）。

极端气候现象的变化	*观测的变化*	*预测的变化*	*和保险部门相关的事件类型*	*相应时间尺度*	*敏感部门/活动*	*敏感的保险方面*
	可能性					
极端温度						
几乎在所有陆地地区，最高气温升高，炎热天气和热浪增加[b]	可能[a]（部分地区的热浪变化趋势复杂）	很可能[a]	热浪	日、周最高值	电力的可靠性、人居	人寿、健康，财产、商务中断
			热浪、干旱	月、季最高值	林业（树木健康），自然资源，农业，水资源，电力供应和可靠性，工业，卫生，旅游等	卫生，农作物，商务中断
在几乎全部的陆地地区，最低温度升高，冷天、霜期、寒流都减少[b]	很可能[a]（在第一工作组的报告中没有考虑寒流）	很可能[a]	霜冻，严寒	日、月最低值	农业，能源需求，卫生，交通，人居	卫生，农作，财产，商务中断，交通
极端降水						
强降水事件增加	许多北半球中高纬地区都有可能[a]	许多地区很可能[a]	暴洪	时、日最高值	人居设施	财产，洪水，交通，商务中断，健康，卫生
			洪水，浸泡，泥石流	周、月最高值	农业，林业，交通，水质，人居，旅游	财产，洪水，作物，海产，商务中断
夏季干旱以及和旱灾相关的风险增加	少数地区有可能[a]	大多数中纬度内陆地区有可能[a]（其它地区的预测缺乏一致性）	夏季干旱，地面下沉，自然火灾	月、季最低值	林业（树木的健康），自然资源，农业，水资源，水能供应，人居	作物，财产，卫生
中纬度风暴强度增加[c]	在北半球增加和南半球降低，中等可能性[a]	目前的模型无统一结论	雪暴、冰暴、雪崩	时、周	林业，农业，能源分配和可靠供给，人居，死亡率，旅游	财产，作物，交通，航空，生命，健康

表TS-4:(续)

极端气候现象的变化	*观测的变化*	*预测的变化*	*和保险部门相关的事件类型*	*相应时间尺度*	*敏感部门/活动*	*敏感的保险方面*
	可能性					
			冰雹	时	农业，财产	财产，作物，交通，航空
在许多地区和厄尔尼诺相关的干旱和洪灾强度增加（另见干旱和极端降水事件）	没有确定性结论	可能[a]	干旱和洪灾	各种	林业（树木健康）；自然资源，农业，水资源，(水)能供给，人居	财产，洪水，交通，作物，航海，商务中断，生命，健康
极端风力						
中纬度区风暴强度增加[b]	没有具说服力的变化迹象	目前的模型无统一结论	中纬度风暴	时、日	林业，电力分配和可靠性，人居	财产，交通，航空，航海，商务中断，生命
			龙卷风	时	林业，电力分配和可靠性，人居	财产，交通，航空，航海，商务中断
热带气旋的最高风力增强，平均和极端降水强度增大[c]	在有限的分析资料中未观测到极端风力；降水资料不全	一些地区可能[a]	热带风暴，包括气旋，飓风和台风	时、周	林业，电力分配和可靠性，人居，农业	财产，交通，航空，航海，商务中断，生命
其他极端事件						
对于较高温度，热带和中纬度地区的风暴增加参考以上条目	参考以上相关条目	参考以上相关条目	闪电	即时	电力的分布和可靠性、人居、自然火灾	生命，财产，交通，航空，航海，商业中断
热带气旋，亚洲夏季季风，中纬度风暴强度增加参见以上条目	参考以上相关条目	参考以上相关条目	浪潮（伴随强风登陆）海岸淹没	逐日	海岸地区的基础设施，工农业，旅游	生命，航海，财产，作物
亚洲夏季季风性降水的变率增加	第一工作组没有考虑	可能[a]	洪旱灾害	季节性	农业，人居	作物，财产，健康，生命

[a] 第一工作组用可能性表示对可信度的判断：很可能（90–99%几率）；可能（66–90%几率）。如无专门指出，有关气候现象的信息取自第一工作组决策者摘要。左边三栏给出了可能性，这些可能性表示观测到的和预计的极端事件的变化。

[b] 信息取自第一工作组技术摘要F.5节。

[c] 热带气旋发生区域分布变化是可能的，但尚未确定。

*整个金融服务机构具有应对未来气候变化影响的能力，尽管历史资料表明，一些低概率、影响力大的事件或多个地理位置相近的事件对部分金融机构也会产生影响，*尤其是适应能力也同时被非气候因素减弱的时候（例如萧条的市场环境，使保险业主的担保财产和其他固定资产发生贬值）。目前已确认气候变化以及与气候有关事件的变化都会增加风险评估的不确定性，进而影响到保险市场的作用。这样的发展趋势将使保险费用增加和／或造成将部分风险划分为非保险项目，从而使一些项目无法上保险。这样就增加了政府支持的保障和减灾体系的压力，将使目前在一些地区已经滞后的保险体系更加薄弱或发展受到限制（例如，在大金额的赔付上增加扣减率和／或确定赔付上限）。

随着保险业规模的扩大、保险范围的多样性、与其他金融服务机构的联合以及风险转移方式的完善，保险业日趋壮大。然而，财产／灾难保险和再保险对灾害非常敏感，个别公司因天气事件引发的灾难已经破产。有些地区在某种情况下，作为提供信贷的银行业对气候变化也可能十分脆弱。多数情况下，银行会将风险转嫁给了购买债券的承保公司。[8.3，8.4，15.2.7]

金融服务机构面对适应气候变化问题[2]挑战与机遇并存。参与调节定价及储备金税制，企业从风险市场的撤退的能力，都是影响金融机构复苏的例子。各国、各地区应对气候风险的手段各不相同，通常都是商业、公共管理、自我保险相结合。在面对气候变化时，这些因素的相对作用也会发生变化。一些潜在的适应性措施会达到互益效果，既实现了持续发展又减缓了气候变化（例如，提高能效的措施既有助于该行业适应气候变化，又提高了建筑物本身低于自然灾害的能力。[8.3.4，8.4.2]

从死亡数量、投资成效、经济影响的角度来讲，气候变化对发展中国家的影响最为严重（尤其是以第一产业为主要收入来源的国家），有一个例子是，由于自然灾害造成的损失达到了国民生产总值的一半。天气灾害使发展倒退，特别是当把用于发展目的的资金转用于灾后重建时。[8.5]

如果天气灾害风险得不到保障，或保险费过高，或保险或财政能力受限，公平和发展限制就会突显出来。这样，不确定性的增加又限制了发展。相反，增加保险的实施力度或途径、增强灾害的防备和恢复能力，将会提高发展中国家适应气候变化的能力。广泛引入微观融资体制及发展融资服务，也许是提高发展中国家适应能力的有效机制。[8.3]

对金融服务机构的这些评估提出了需要改善的领域，也对第二次影响评估报告的结论作了确认和发展。评估报告对一些需要了解的领域进行了着重阐述，尤其是需要深入分析造成经济损失的原因；评估在处理气候变化造成的破坏和适应能力方面的财政能力，以及获得经济来源的可能途径；需深入分析各部门的脆弱性和对极端气候情景的抵御能力，并在进一步研究这一部门（公共和私营）如何进行创新，以满足发达国家和发展中国家适应性资金的潜在增长需求和分摊和降低气候变化风险。[8.7]

4.7 人类健康

全球气候变化对人类健康具有多重影响，有些影响是正面的，但多数是负面的。极热和极冷天气的变率、洪涝和干旱的频率、地方空气污染状况以及空气过敏源对居民健康都具有直接影响。另一些影响健康的因素来源于气候变化对生态系统和社会系统的影响，这些影响包括传染病的发病动态，区域粮食生产水平和营养状况不良，以及由于人口流动和经济萧条对健康产生的各种连带影响等。

*目前还没有证据证明，人类健康状况因近十年来所观测到的气候趋势而确实发生了变化。*确定这种影响的困难在于大多数健康紊乱是多因素造成的，而且社会经济水平、地域条件、环境因素随时间也发生了显著变化。

*年际间气候变异(特别是厄尔尼诺周期)对健康影响的研究结果表明了人类健康对气候的敏感性，特别是蚊子传播的疾病。*将现有的研究成果、理论推理、以及预测模型输出的结果结合起来，可以得出气候变化对人类健康影响的一些结论。

如果热浪的频率和强度增加，那么死亡和患严重疾

[2] 保险和金融服务部门常用“减轻”一词，正像“适应性”被用于气候研究与政策部门一样。

病的危险性也会增加，老年人群和城镇人口尤其是如此(高可信度)。热浪的影响会因湿度增加和城市空气污染而加剧。预测结果表明，中高纬度城市（温带）的热胁迫增加最大，尤其是对于缺乏适应性建筑和空调设施的人群。用热浪对城市人口影响的模型所做的预测表明，即使实施了气候适应措施，一些美国城市仍受热浪的袭击。平均而言，每年夏天将会有额外的数百人死亡。虽然气候变化对发展中国家与热胁迫相关的死亡数量影响也可能是显著的，但目前几乎还没有对这些人口的研究。在温带地区的许多国家，暖冬和较少的寒冷袭击会减少与寒冷有关的死亡（高可信度）。有限的研究表明，至少在部分温带国家，冬天减少的死亡数远远超过了夏天增加的死亡数（中等可信度）。[9.4]

极端事件频率和强度的任一个增加，如风暴、洪水、干旱、台风，都会通过各种方式对人类健康造成不良影响。这些自然灾难能够直接造成人员伤亡，也可通过损毁住所、人口迁移、水源污染、粮食减产（致使饥饿和营养不良）等间接影响健康，增加传染病的发病率（包括痢疾和呼吸系统疾病），而且会损坏健康服务设施(极高可信度)。如果区域性台风增加，常常会发生灾难性的影响，特别是在资源馈缺的人口稠密区。近年来，与气候密切相关的主要灾害对人类健康产生重大的负面影响，包括发生在中国、孟加拉国、欧洲、委内瑞拉、莫桑比克等的洪涝，以及横扫中美洲的Mitch飓风。[9.5]

气候变化将会因空气污染问题而降低城市空气质量(中等可信度)。增温（部分模型的模拟结果是紫外线辐射）会增加地面臭氧浓度，而臭氧是一种对呼吸系统具有严重负面影响的污染物。气候变化对其它空气污染物的影响研究还较少。[9.6]

高温、降水变化以及气候变率的变化将改变传染病的地理分布和染病时节，一些传染病及并发症的感染区域和季节将会扩展。一些媒传疾病是通过吸血生物进行传播，如蚊子和扁虱，这些生物的生存取决于气候和生态因子的相互作用。目前，世界上约有40%人口生活在疟疾易染区，在健康设施不完善或破损严重的国家，升温将导致疟疾传播区域向高海拔（中高可信度）和高纬度（中低可信度）地区扩展。较高的温度以及降水和地表水间的相互配合，会延长部分区域的染病季节（高可信度）。气候变化包括气候变率的变化，会改变多种传染疾病（如登革热、利什曼原虫、脑炎，莱姆氏病，以及扁虱脑炎）目前的分布边界（中高可信度）。在某些地区，由于气候变化使降水减少或者使温度升高超过了媒介适宜传播的极限，传染性疾病将有所降低（中等可信度）。一系列数学模型一致得出：本世纪的气候变化情景将增加居住在潜在疟疾和登革热易感染地区的人口比例（中高可信度）。气候条件的变化将增加通过水和食物传染各种疾病的发生几率。[9.7]

气候变化可以引起海洋环境的变化，增加了人类食用鱼类和贝壳类生物的中毒危险。与温水相关的生物毒素，如热带海区的鱼肉中毒现象会向高纬度地区扩展(低可信度)。较高的海面温度也将延长有毒藻类的盛长期(中等可信度)，而其盛长期和人类中毒间存在复杂的关系，而且对生态和经济都具有破坏作用。地表水的水量和水质变化都将影响到痢疾的发生几率（中等可信度）。[9.8]

气候变化造成粮食供给发生变化，会使世界一些地区贫困人群的营养和健康水平受到影响。研究表明，在世界范围内，气候变化对粮食生产正负两方面的影响，但发展中国家粮食生产降低的可能性最大。据估计目前发展中国家有7.9亿人口营养不良。边远地区的人群，因难以进入市场，对区域粮食供给的减少或短缺尤其脆弱。营养不良使儿童身体和智力发育不良，成人劳动能力减弱，感染疾病的可能性增加。气候变化将增加发展中国家营养不良的人口数量，特别是在热带地区。[9.9，5.3]

在某些情况下，气候变化的影响可以导致社会动荡、经济衰退和人口迁移，进而影响人类健康。自然灾害和环境退化引起的人口流动也会对健康产生影响（高可信度）。[9.10]

通过社会、制度、技术和行为方面的适应措施可以降低每一个可预见的对健康不利的影响(见表TS-5)。总体来看，气候变化对健康的不利影响对低收入人群最严重，特别是热带、亚热带地区国家。为此，有必要加强公共健康基础设施（计划、服务和监督体系）的建设和维护。受影响地区对健康风险的适应能力也取决于社会、环境、政治和经济条件。[9.11]

表 TS-5：降低气候变化对健康影响的适应性选择。

影响健康的因素	*立法*	*技术*	*教育性咨询*	*文化和行为*
热胁迫	– 建筑指南	– 住房，公共建筑，降低城市热岛效应的规划，空调	– 早期预警系统	– 着装，午休
极端天气事件	– 制定法律 – 制定建筑规范 – 强制迁移 – 建筑的经济激励	– 城市规划 – 避风设施	– 早期预警系统	– 利用避风设施
空气质量	– 排放限制 – 交通管制	– 改进公共交通，采用催化尾气净化器，使用烟囱	– 污染警告	– 共用汽车
媒传疾病		– 传染媒介监控 – 接种疫苗，控制繁育 – 持续监测、预防和控制措施	– 健康教育	– 节水行为
水传疾病	– 水源保护法律 – 水质制度	– 病原的基因／分子生物学筛选 – 提高水处理技术（如过滤） – 改进卫生设施（例如厕所）	– 使用开水	–养成经常洗手和其他良好的卫生习惯 – 使用地下排水厕所

5. 区域分析

人类和自然系统对气候变化影响的脆弱程度，随地区和人口分布区域的不同而不同。基准气候与未来气候变化的区域变化将增加，地区间气候影响因子的差异。不同地区的自然和社会系统具有不同的特征、资源和机构，因此，在遇到不同压力时其适应力和敏感性差异很大。由于这些差异，世界上各地区关心的问题也就不同；甚至在同一地区，其影响、适应能力、和脆弱性也不尽相同。由于目前的研究并不是采取一套共同的未来气候情景和研究方法，以及由于自然和社会系统的敏感性和适应能力各不相同，区域脆弱性评估宜采用定性分析的方法。

5.1 非洲

非洲对气候变化非常脆弱。主要受影响的领域包括水资源、粮食生产、人口健康、荒漠化和沿海地区，与极端事件相关的灾害尤其严重。土地利用和气候变化同时发生时，会加剧荒漠化。非洲主要受影响的领域如图 TS-6。

5.1.1 水资源

水资源是非洲最脆弱的领域，影响到生活用水、农业用水和工业生产用水。在水源共享的地区，区域性合作协议可以降低不利影响，减少可能的冲突。在过去的半个世纪中，非洲人均水资源变化趋势表明可用水量减少了75%。虽然过去 20 年来非洲的河流流量不断降低，尤其是西非撒哈拉地区，但这种趋势主要是人口增长造成的——对多数国家来说，同期人口普遍增加了3倍。人口的增长和水质退化威胁着非洲大多地区的用水安全，同时，人口的继续增长和全球变暖，很可能进一步加剧非洲半湿润地区的水源馈缺。

非洲是降水向径流转化最低的陆地，平均只有15%。尽管赤道附近、非洲东部和南部海岸地区比较湿润，但其它地区都为半湿润偏旱或干旱区，气候变暖的主要影响

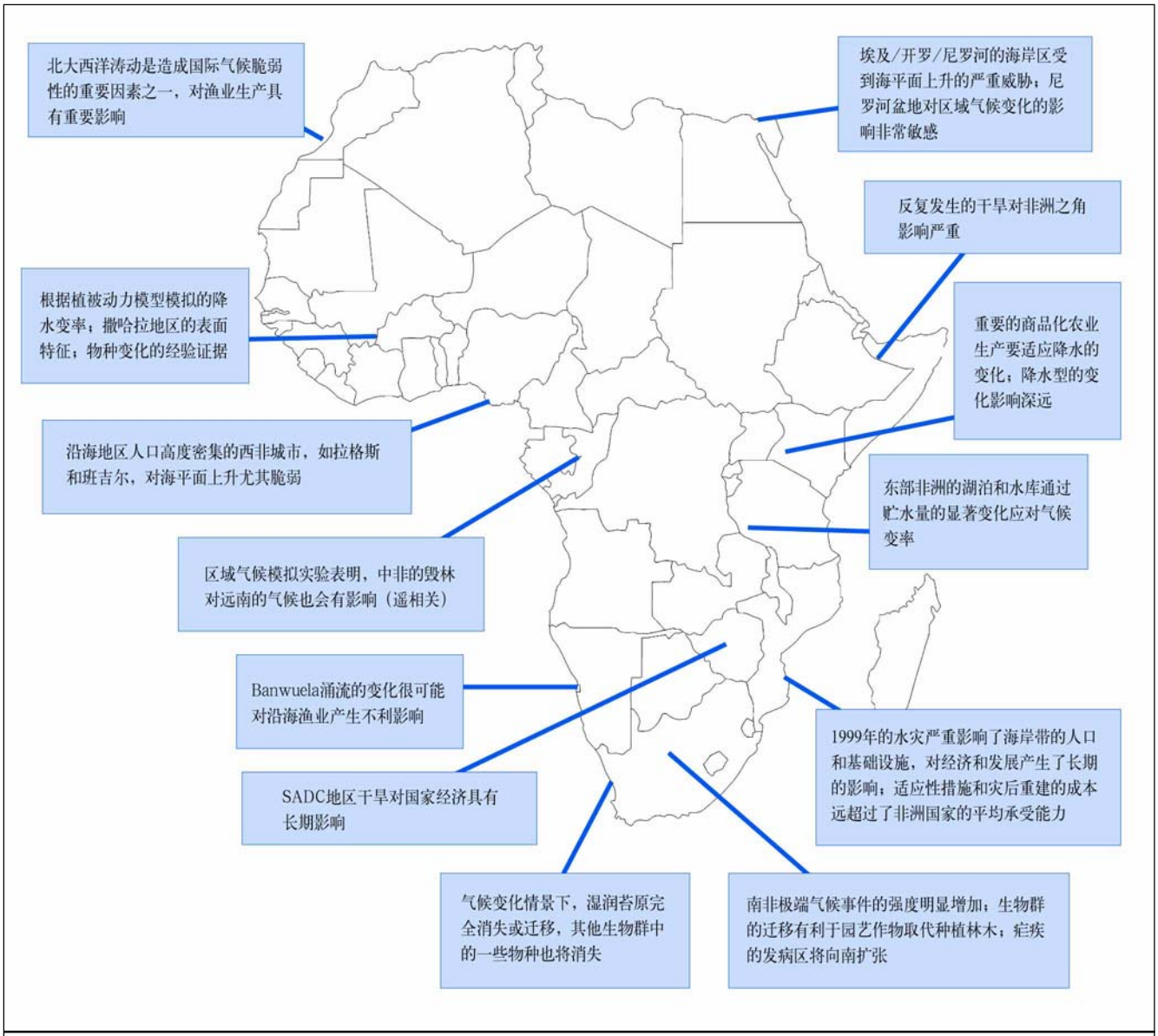


图 TS–6：对非洲主要的影响。

将降低半湿润区的土壤湿度和径流。目前主要流域的变化趋势表明，过去十年来，主要河流的径流减少了约17%。

许多非洲国家已经通过大量增加水电投资来促进经济发展。水库贮量对径流变化和干旱时期非常敏感。湖泊和堤坝贮水量已经达到警戒水位，而且已经威胁到工业生产活动。模型结果以及水库和湖泊的现状表明，由ENSO现象引起的洪灾和干旱会使水库贮水量降低，而由于受到全球变暖的影响，这种过低贮水量的发生频率还会增加。[10.2.1]

5.1.2 粮食安全

*目前一致认为气候变化，主要是极端气候事件增加以及时空变化，将加剧粮食安全问题。*非洲大陆的许多地区已经经历过粮食生产短缺的境况。潜在的土壤水分亏缺将对粮食生产产生额外的负担。有粮食危机的国家受到气候变化不利影响的风险很大。在非洲国家，内陆和沿海的渔业生产是摄入蛋白的主要来源。由于水分亏缺和土地退化，内陆渔业生产会因偶发干旱和生活环境破坏变得更为脆弱。海水增温很可能影响海洋渔业。[10.2.2]

5.1.3 自然资源管理和生物多样性

*不可恢复的生物多样性的损失将会因气候变化而加剧。*气候变化将致使种类多样的生物群落发生剧烈转变，使南非的湿润苔原及其它一些生物群落中的许多物种消失。植被火灾发生的频率、强度和范围以及由于土地利用变化造成的栖息地的改变都会削减自然的适应能力并导致物种灭绝。生态系统的变化将会影响到水供应、薪柴以及生态系统可提供的其它服务。[10.2.3.2]

5.1.4 人体健康

*温度和降水的变化对人体健康具有许多负面影响。*升温将扩大病媒的适宜生活范围。在卫生设施欠缺的地区，干旱和洪涝会增加水传播疾病的发病率。降水增加可能导致裂谷热（一种病）频繁爆发。城市中恶劣的卫生条件和沿海地区水温的增高都会加重霍乱的发生。[10.2.4.1.1，10.2.4.4]

5.1.5 居住地和基础设施

*尽管在许多情况下，发展的基础设施——如交通、住房、服务还很不完备，然而却主要是由政府投资建设。*由于洪灾、热浪、沙尘暴、飓风、以及其它极端事件的频率增加，其对关键基础设施的破坏力可能超过社会经济的承受能力，致使社会、健康、经济服务系统的运转严重恶化。这种情况将危及到人类的安全。[10.2.5.3]

*海平面上升、海岸带侵蚀、海水倒灌、洪涝对非洲的社会和经济有显著影响。*非洲多数大型城市处于沿海地区，由于缺乏系统的规划和城市发展目标，对极端气候事件、海平面上升、海岸侵蚀都高度脆弱。无序快速的扩展使人口在遭受与气候有关因子诸如洪水等气象灾害时，感染疾病的人群显著增加。[10.2.5.2]

5.1.6 荒漠化

*气候变化引起的温度、降水、辐射和风的时空分布变化，将会加剧荒漠化。*在非洲的干旱、半干旱、半湿润偏旱区，荒漠化成为可持续资源管理的严重威胁，破坏了粮食和水安全。[10.2.6]

5.1.7 适应能力

*由于许多国家面临着各种各样的制约，目前非洲适应气候变化的总体能力还十分薄弱。*将长期变化纳入国家行动的计划和采取无悔战略能增加本地区适应能力。季节预报是一种有效的保护生命安全的适应措施——例如和海面温度相关的重大疾病暴发预报。目前的技术和方法，尤其在农业和水资源方面，还远不能满足未来的需求，而气候变率的增加对其又形成新的压力。非洲国家自身还没有足够的能力来有效地应对气候变化。

气候变化同时也提供了很多机遇。适应全球气候变化的机制，包括技术转让和碳汇作用，能够为充分发挥非洲的资源优势和人力优势提供新的发展途径。在科技、资源管理和发展方面的区域合作已经不断增多，和国际市场的接轨也将使经济呈现多元化和增加粮食安全。

气候变化的脆弱性影响评估还存在很大的不确定性。非洲气候的多样性、降雨变率以及稀少的网络观测站点，使地方性和区域化的未来气候变化预测变得十分困难。目前已基本了解了气候变化的潜在影响和脆弱性，对气候变异的敏感性评估也已建立但还不完善。然而，未来变化的不确定性使应对气候变化成本的预测的可信度较低。这种评估可以使各个国家基于它们自身的条件而开始为这些成本估计建立自己的方法框架。

5.2 亚洲

在整个亚洲地区，气候变化会对资源产生巨大的压力。亚洲人口占世界人口的60%以上，自然资源已经岌岌可危，某些地区对气候变化的适应能力极其有限。多数国家的社会经济发展主要依靠自然资源，例如水、森林、草场、牧场和渔业。气候变异的程度随亚洲不同区域和国家的不同而明显不同，亚洲的几个脆弱区域对气候变化的敏感程度及其受到影响的几个方面详见表TS-6。亚洲地区对气候变化的脆弱性列于表TS-7，供选择区域或问题的种类。

5.2.1 农业和粮食安全

粮食安全是亚洲地区最关心的问题。由于受到高温和水资源胁迫、海平面上升、洪涝灾害增加以及由强热带

表TS-6：部分亚洲地区对气候变化的敏感性。

气候要素变化和海平面上升	*脆弱地区*	*主要变化*	*影响*	
			主要	*次要*
0.5–2℃（海平面升高10–45厘米）	孟加拉国河口沼泽林带	– 大约15%的土地被淹没（750平方公里） – 盐渍化增加	– 植物物种减少 – 野生动植物减少	– 经济损失 – 安全系数下降，失业增加
4℃（降水增加10%）	西伯利亚冻原	– 永久冻土减少 – 西伯利亚永久冻土南界北移100–200公里	– 岩石强度变化 – 承受能力变化 – 冰冻岩石的可压缩性变化 – 热侵蚀	– 影响建筑工业 – 影响采矿工业 – 影响农业发展
>3℃（降水增加20%）	哈萨克斯坦水资源	– 径流变化	– 冬季洪涝增加 – 夏季流量增加	– 生命和财产受到威胁 – 夏季水资源不足
增加2℃（降水变化–5～10%；海平面升高45厘米）	孟加拉低洼地区	淹没范围大约增加23–29%	– 洪水深度变化 – 雨季水稻种植方式改变	– 生命和财产受到威胁 – 健康问题增多 – 水稻产量下降

表TS-7：亚洲部分地区对气候变化影响脆弱的主要部门，可信度水平参阅技术摘要1.4节。

地区	*粮食和纤维作物*	*生物多样性*	*水资源*	*海岸生态系统*	*人体健康*	*人居*
亚洲北部	易恢复 ****	高度脆弱 ***	易恢复 ***	易恢复 **	中度脆弱 **	轻度脆弱或不脆弱 ***
亚洲干旱–半干旱地区						
–中亚	高度脆弱 ****	中度脆弱 **	高度脆弱 ****	中度脆弱 **	中度脆弱 ***	中度脆弱 ***
–青藏高原	轻度脆弱或不脆弱 **	高度脆弱 ***	中度脆弱 **	无	无资料	无资料
亚洲温带区	高度脆弱 ****	中度脆弱 ***	高度脆弱 ****	高度脆弱 ****	高度脆弱 ***	高度脆弱 ****
亚洲热带区						
–南亚	高度脆弱 ****	高度脆弱 ***	高度脆弱 ****	高度脆弱 ****	中度脆弱 ***	高度脆弱 ***
–东南亚	高度脆弱 ****	高度脆弱 ***	高度脆弱 ****	高度脆弱 ****	中度脆弱 ***	高度脆弱 ***

气旋引起的飓风影响，作物生产和水产都受到了严重的威胁（高可信度）。一般来说，在中高纬度地区，作物的产量将增加，在低纬度地区将有一定程度的下降。由于夏季的延长，引起亚洲北部的农业生态系统的边界北移，使农业生产潜力普遍提高（中等可信度）。气候变异和变化将影响作物的种植季节安排，也会影响到作物生长季的长短。在中国，主要农作物的产量会有所下降。严重的水分短缺与热胁迫结合在一起，将对小麦生产产生更重要的不利的影响。即使在未来 CO_2 升高的正面效应作用下，印度的水稻生产力也会受到不利的影响。在亚洲温带和热带地区，如果气候变得温暖潮湿，作物病害如小麦赤霉病、稻瘟病、稻纹枯病会更加广泛蔓延。降低气候变异不利影响的适应性措施包括调节作物种植管理进程安排，以充分利用湿润季节的优势，避免生长季内受极端天气事件的危害（例如，台风和强风）。[11.2.2.1]

亚洲是世界主要水产区，80%的养殖鱼类、虾、贝壳类都产自亚洲。由于过度开发、深海捕捞、海岸带开发、以及由于陆地活动造成的污染，对许多野生资源都产生了严重的威胁。另外，海洋的生产能力很大程度上受到浮游生物迁徙的影响，如日本海沙丁鱼的季节性迁徙，与厄尔尼诺现象发生期间引起的温度变化相对应。强风暴和飓风也经常侵扰沿海地区，增加了废弃物向海中的沉积。海洋渔业和内陆渔业需要在区域尺度上进行有效保护和可持续管理，以使水产资源能够满足地区和国内的营养需求。[11.2.4.4]

5.2.2 生态系统和生物多样性

气候变化将加剧亚洲的土地利用／覆盖变化和人口压力对生物多样性所造成的威胁（中等可信度）。亚洲众多生物物种将面临的危险也在攀升。在印度15000种高等植物物种中，大约有1250种正在受到威胁。在中国、马来西亚、缅甸和泰国也明显具有类似趋势。由于气候变化和生境破坏的协同作用，在亚洲，许多物种和其它许多物种中的大量种群正逐渐濒临灭绝。在沙漠生态系统中，干旱频率的增加会引起当地绿洲周围草场的消退，造成当地动物群落大量死亡并威胁到他们的生存。如果海平面升高1米，孟加拉国的河口沼泽林（最大的红树林生态系统）将完全消失。[11.2.1，11.2.1.6]

由于全球变暖引起的永久冻土消退，会使北部亚洲受气候影响大的产业部门脆弱性增加，进而影响到经济发展（中等可信度）。北半球高纬度地区变暖，将导致现存的永冻地带地冻层变薄或消失，引起亚洲北部大范围的永久冻土退缩。在蒙古和中国东北可能也有少量永久冻土南界向北移，青藏高原连续的和非连续性的（间断或季节性的）永久冻土带间的分界线可能沿东部和西部的边界向高原中心移动。[11.2.1.5]

在北亚，发生森林火灾的频率可能增加（中等可信度）。近地面气温增加，尤其是在夏季，更易产生雷暴和闪电，从而更频繁地引发北部林区的森林火灾。由于全球变暖，北亚北部森林火灾的发生更加频繁。[11.2.1.3]

5.2.3 水资源

淡水的有效供给对预计的气候变化高度脆弱（高可信度）。冬夏时节，亚洲北部的地表径流将显著增加（中等可信度）。用水量超过潜在可用水资源总量20%的国家，在干旱季节的水源危机加重。在气候变化情景下，亚洲干旱区和半干旱区的地表径流会急剧下降，气候变化将改变径流流量和流量在年内的季节分配。如果夏季气温升高2℃，降水减少5—10%，哈萨克斯坦的地表径流会大量减少，严重影响到农业和畜牧业生产。在南亚和东南亚许多国家，水会变成最紧缺的日用品，特别是用于灌溉的水库设施容量较小的地方。城市人口数量和人口密度的增加都给水的可利用程度和水质带来压力。[11.2.3.1]

5.2.4 极端天气事件

亚洲温带和热带地区的发展中国家对极端气候事件如台风／飓风、干旱、洪涝等十分脆弱。气候变化和变异将加剧这些地区的脆弱程度（高可信度）。极端天气事件造成的不利影响波及亚洲各地，有事实证明，整个20世纪，区域范围内这些极端气候事件的强度和频率都有所增加。[11.1.2.2，11.1.2.3，11.4.1]

尤其是在夏季风盛行时期，降水强度的增加将使温带和热带亚洲易发洪涝的区域增多。亚洲的干旱、半干旱地区夏季干旱程度的加剧，将导致发生严重的旱灾（中等可信度）。亚洲许多温带和热带地区的国家，在20世纪已频繁地受到洪涝和干旱灾害的影响，将来洪涝依然会在许多温带和热带地区更频繁地发生。据预测，在印度、尼

表TS-8：在未考虑适应性措施时，不同的海平面上升幅度对亚洲一些国家土地流失和人口的影响。

国家	海平面升高幅度（厘米）	可能的土地流失		涉及人口	
		（平方公里）	（%）	（百万）	（%）
孟加拉国	45	15，668	10.9	5.5	5.0
	100	29，846	20.7	14.8	13.5
印度	100	5，763	0.4	7.1	0.8
印度尼西亚	60	34，000	1.9	2.0	1.1
日本	50	1，412	0.4	2.9	2.3
马来西亚	100	7，000	2.1	>0.05	>0.3
巴基斯坦	20	1，700	0.2	n.a.	n.a.
越南	100	40，000	12.1	17.1	23.1

泊尔、孟加拉国的部分地区，极端降水事件和洪灾频繁发生的可能性会有一定的下降。[11.1.3.3，11.2.2.2，11.1.2.3，11.4.1]

在亚洲温带和热带地区的一些国家，毁林进行农牧生产已成为林地损失的最主要驱动因素。随着洪旱灾害的增多，这些活动将对环境产生深远的影响（如土壤侵蚀，肥力下降，作物基因多样性减少，水资源枯竭）。[11.1.4.1]

在印度和孟加拉国，热带气旋和风暴潮对生命和财产具有重要的影响。随着气旋强度的增加并伴随着海平面的升高，亚洲多气旋国家的低洼沿海地区，生命和财产将蒙受更加严重的损失（中等可信度）。预计的气候极端事件强度和频率增加对作物生长和农业生产，以及主要的经济和环境活动（例如旅游，交通）都具有重要影响。[11.2.4.5，11.2.6.3]采取区域和全国性的多种预防措施，如在区域社区中通过认识和认同风险因素，是转移或减少极端灾难性气候事件对温带和热带亚洲国家社会和经济影响的保证。[11.2.4.5，11.2.6.3，11.3]

区域或国家级的各类防御措施，包括各区域性社团的意识和对风险因子的认识，是亚洲温带和热带地区国家避免和减轻极端天气事件对经济和社会结构影响的保证。[11.3.2]

5.2.5 三角洲和沿海地区

由于海平面上升，亚洲大型三角洲和低洼沿海地区将被淹没（高可信度）。沿海地区与气候相关的影响包括海平面变化和热带气旋强度和频率的变化造成耕地损失和盐渍化。亚洲海岸线主要的低洼地区，由于海平面升高引起的土地损失以及人口迁移的预测见表TS-8，用以说明问题的范围。目前，亚洲的海岸侵蚀并非完全由海平面上升造成，很大程度上是由于人为活动使每年河流将悬浮物带入海里引起的，这些行为可加剧气候变化对亚洲沿海地区的影响。[11.2.4.2]

5.2.6 人体健康

在亚洲温带和热带地区，温暖和潮湿的环境会增加与酷热相关的疾病和传染病的发病机率（中可信度）。亚洲近地表面空气温度的升高和降水的变化都将对人体健康产生不利影响；虽然天气变暖降低了温带国家的冬季死亡率，但夏季热胁迫的发生频率和持续时间都会增加，尤其是大都市或人口稠密区。全球变暖将增加亚洲部分干旱、半干旱地区、温带和热带地区呼吸系统疾病和心血管疾病的发病事件。环境温度和降水的变化可使带病传播媒介扩展到亚洲温带区和干旱区。带病媒介传播到更北的纬度可能对人体健康可造成严重影响。沿海较高的海面温度为浮游植物大量繁殖提供了条件。这种浮游植物繁殖是传染性细菌疾病的温床。在气候变暖情形下，靠水传播的疾病—包括霍乱和由诸如贾第鞭毛虫、沙门氏菌等引起的一系列腹泻疾病—可能在南亚的许多国家变得更加普遍。[11.2.5.1，11.2.5.2，11.2.5.4]

5.2.7 适应能力

亚洲国家对气候变化的适应取决于采取适应措施的能力、可获得的技术、以及生物物理限制因素例如土地、水资源、土壤特性、作物育种的遗传多样性（如至关重要的抗热水稻品种开发）以及地形。大多数亚洲发展中国家面临着人口增加、城市化扩张、水资源不足和环境污染问题，它们妨碍社会经济活动。这些国家必须分别和集中权衡采取气候变化行动和近期需求（如饥饿、空气和水污染、能源需求）之间的利弊。应对措施必须从三个至关重要的方面来考虑：土地资源、水资源和粮食生产力。设计出预计潜在气候变化影响的适应措施能帮助抵消大部分负面影响。[11.3.1]

5.3 澳大利亚与新西兰

澳大利亚与新西兰横跨回归线和中纬度地区，具有多种气候类型与生态系统，包括沙漠、热带雨林、珊瑚礁和高山地貌，气候易受周边海洋的强烈影响。澳大利亚大部分地区对未来50～100年间变干的趋势表现出明显的脆弱性（图TS-3），因为目前比较肥沃的农田正受到间歇性干旱的不利影响，而且已经有大面积处于干旱与半干旱地区。新西兰是一个多山的小国家，一般来说属于海洋性气候，气候较为温和，虽然认为也存在一定脆弱性（中等可信度），但似乎比澳大利亚能更好地适应于气候变化。表TS-9说明了气候变化对澳大利亚和新西兰影响的主要脆弱性和适应性。[12.9.5]

目前还没有针对不同温室气体排放情景和不同社会情景的跨部门综合评估气候变化影响的净成本，在IPCC《气候变化区域影响特别报告》中的可信度仍很低，对澳大利亚和新西兰，在相当于CO_2浓度倍增时气候变化影响成本相当于GDP的-1.2到-3.8%。这种评估没有考虑大多数目前认同的影响和适应情况。[12.9]

*极端事件是目前气候影响的主要根源，预计极端事件的变化将主导气候变化的影响。*可能增加的热带气旋和强降雨强度以及改变特定地区热带气旋的频率，可以改变特定区域的特定强度的暴雨、洪水和风暴潮的重现期。从目前大气—海洋（A-O）藕合模型的气候变化情景得出，澳大利亚大部分地区在21世纪的降雨量将明显减少。ENSO现象导致洪水和延长干旱期，特别是在澳大利亚内陆和新西兰的部分地区。该区域可能会对越来越频繁的厄尔尼诺现象敏感。[12.1.5]

在GHG浓度稳定前，中高纬度的北南温度梯度预计会增加（中高可信度）。西风增强，并伴随跨越塔斯马尼亚州和新西兰的西东向降雨梯度增强。GHG浓度稳定之后，这些趋势可能会相反（中等可信度）。[12.1.5.1]

*气候变化增加了对土地可持续利用的压力，以及增加了陆地和水生生物多样性保护的压力。*这些压力包括外来动物和植物物种的侵入、以及农业和城市的发展，造成自然生态系统的退化和崩溃、旱地盐渍化（澳大利亚）、森林覆盖减小（澳大利亚和新西兰）、稀缺水源的竞争等。在这两个国家，经济和社会发展较落后的人群，特别是土著人，更易受气候变化所造成的健康和生活条件恶化的影响。主要恶化的问题包括：在脆弱的沿海地区人口和基础设施剧增、水资源的不合理利用、以及复杂的管理体制。[12.3.2, 12.3.3, 12.4.1, 12.4.2, 12.6.4, 12.8.5]

5.3.1 水资源

*水资源在一些地区早已相当紧迫，因此是非常脆弱的，*特别在盐渍化方面（澳大利亚的部分地区），以及农业、电力、城市和环境用水对水源供应的竞争上（高可信度）。在许多地区由于地表蒸发增强及降雨可能减少，都会对水的供应、农业以及澳大利亚和新西兰部分地区关键物种的生存与繁殖有不利的影响（中等可信度）。[12.3.1, 12.3.2, 12.4.6, 12.5.2, 12.5.3, 12.5.6]

5.3.2 生态系统

*气温每升高1℃就会威胁到生长在靠近生存温度范围上限的一些物种的生存，*特别是在高山边缘地带和西澳洲的西南部。那些由于土地清理、土壤或地形差异而不适宜迁移或重新找到定居地点的物种就会濒危或灭绝。澳大利亚其它特别脆弱的生态系统包括珊瑚礁、干旱和半干旱生活环境。澳大利亚和新西兰海岸带的淡水湿地也很脆弱，新西兰一些脆弱的生态系统加速了杂草的蔓延。[12.4.2, 12.4.3, 12.4.4, 12.4.5, 12.4.7]

5.3.3 粮食生产

表TS-9: 澳大利亚和新西兰的主要部门对气候变化的脆弱性和适应性：在第二列中各种影响的可信度用*表出（可参见本技术摘要的1.4部分对可信度的等级划分）。可信度、脆弱性及适应性的评估是以第12章的信息为基础的，并假设了当前人口和投资增长模式是连续的。

部门	*影 响*	*脆弱性*	*适应措施*	*适应能力*	*章节*
水文和水供应	– 灌溉及大城市水供应紧迫，盐渍化增加****	某些地区很高	– 计划，水配置，定价	中等	12.3.1，12.3.2
	– 咸水入侵一些岛屿和沿海蓄水层****	在有限的区域内很高	– 有选择供水，退避	低	12.3.3
陆地生态系统	– 旱地和河流盐渍化增加（澳大利亚）***	高	– 改变土地利用措施	低	12.3.3
	– 生物多样性减少，尤其是受到破坏的区域、澳大利亚高山区和西澳的西南部****	某些地区中到高	– 景观管理；高山地区可能性小	中到低	12.4.2，12.4.4，12.4.8
	– 火灾风险增加***	中	– 土地管理，防火	中	12.1.5.3，12.5.4，12.5.10
	– 杂草入侵***	中	– 景观管理	中	12.4.3
水域生态系统	– 一些沿海淡水湿地盐渍化***	高	– 自然干预措施	低	12.4.7
	– 河流和内地湿地生态系统变化***	中	– 改变水的配置	低	12.4.5，12.4.6
	– 富营养化***	中（在澳大利亚内陆水域）	– 改变水的配置，减少营养物质流入量	中到高	12.3.4
沿海生态系统	– 珊瑚白化，尤其是大堡礁****	高	– 培育珊瑚	低	12.4.7
	– 更多有毒海藻暴发？*	不清楚		—	12.4.7
农业、牧业、林业	– 如果旱灾和森林火灾的风险增加，生产力会降低，乡村社区承受的压力增大***	随地点而定，随时间的推移受害加重	– 改变政策和管理，防火，季节性预报	中	12.5.2，12.5.3，12.5.4
	– 由于其它地区气候变化引起全球市场变化*** 但是迹象不确定	高，但是迹象不确定	– 市场，计划，地方性特色作物和燃料作物，碳贸易	中	12.5.9
	– 病虫害蔓延增加****	中	– 灭虫，喷洒农药	中	12.5.7
	– 开始会由于 CO_2 升高而增加生产力，但后来会被气候变化作用抵销**	随时间改变	– 改变耕作措施，改变产业		12.5.3，12.5.4

表 TS–9：（续）

部门	*影 响*	*脆弱性*	*适应措施*	*适应能力*	*章节*
园艺	正、负面影响（+和—），取决于物种和地区 **	总体偏低	– 迁移	高	12.5.3
渔业	– 补充数量的变化(一些物种)**	尚不清楚	– 监测，管理	—	12.5.5
人居和工业	– 洪水、风暴、风暴潮、海平面上升的影响增大 ***	（在一些地区）高	– 分区规划建设，制定防御灾害计划	中	12.6.1，12.6.4
人体健康	– 传染病的增多和蔓延 ****	高	– 检疫，根除，控制	中到高	12.7.1，12.7.4
	– 光化学空气污染增加 ****	中（一些城市）	– 排放控制	高	12.7.1

在澳大利亚的内陆和西南地区，农业生产活动对区域降雨量的减少特别脆弱（中等可信度）。受高温和厄尔尼诺变化的影响，在澳大利亚和新西兰的部分地区，干旱发生频率及其后效对农业的不利影响可能有所增加（中等可信度）。由于 CO_2 浓度增加，植物生长和水分利用率（WUE）的提高可以弥补一些由于气候变化而引起的部分负面影响（中等可信度），尽管在温度升高超过2～4℃和降雨改变时会出现负面影响（中等可信度）。图TS–7表明了在一定的气候变化情景范围内澳大利亚的小麦生产状况。根据农林产品出口量，可以看出，该区域对其它地区气候变化所引起的产量和商品价格变化很敏感。[12.5.2，12.5.3，12.5.6，12.5.9，12.8.7]

由盛行风和边界洋流引起的营养物质上升的范围和位置会影响澳大利亚和新西兰的渔业。另外，ENSO也影响了一些鱼种的补充和引起有毒海藻暴发。[12.5.5]

5.3.4 人居、工业和人体健康

在受影响地区人口和资金投入增加的显著趋势，使得对热带气旋和风暴潮的脆弱性增加。因此，预计的热带气旋强度增加、当地特定发生频率的改变及海平面上升一起将产生更大影响，特别是在一定的重现周期内，风暴潮浪高高度增加（中等到高等可信度）。高强度降雨频率的增加，会增加洪水对人居环境和基础设施的损害（中等可信度）。[12.1.5.1，12.1.5.3，12.6.1，12.6.4]

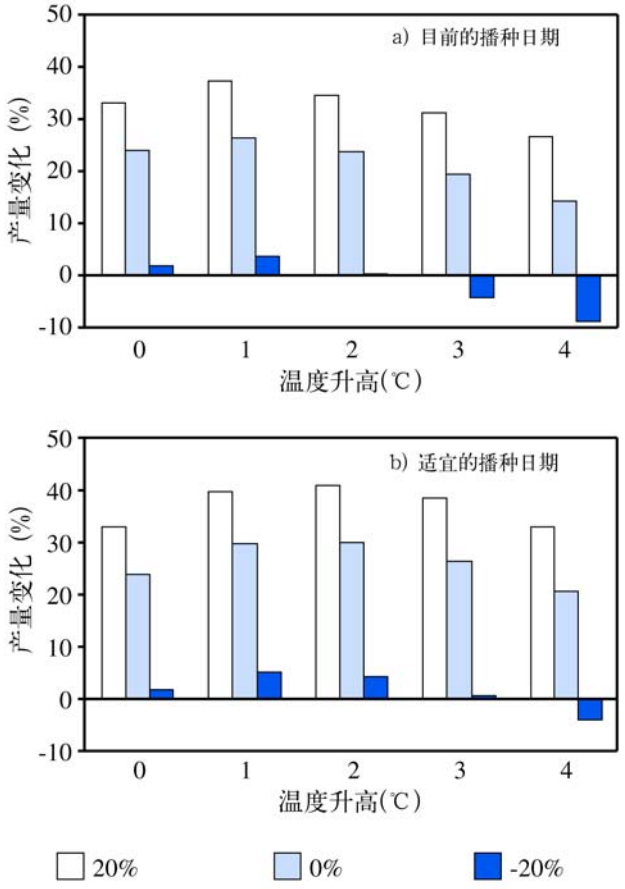


图 TS–7：在 CO_2（700ppm 水平下）和温度、降水量在一定范围内变化，澳大利亚小麦的年平均总产量的变化百分率：a)目前的播种期，b)优化的播种期。在温度升高 0–4℃情况下随降水量变化产量反应：20%（白色），0（淡蓝色），–20%（深蓝色）。

气候的明显变化会增加一些病菌的传播，这具有很高的可信度，尽管有生物安全和医疗服务，但是象由蚊子传播的罗斯河病毒和穆雷谷地脑炎暴发的可能性还会增加。[12.7.1]

5.3.5 关键的适应选择

关键性的适应对策包括提高水资源利用效率(WUE)和有效的水贸易机制、更适当的土地利用政策、给土地使用者提供气候信息和季节性预报服务，以帮助他们处理气候变率和变化、改善作物品种、修订工程标准并且重新分区规划基础设施的发展、改善生物安全性和医疗服务。但是，在澳大利亚和新西兰许多自然生态系统的适应能力是很有限的，由于成本、接受能力及其它因素的影响，许多管理系统的适应能力也受到限制。[12.3.2，12.3.3，12.5.6，12.7.4，12.8.4，12.8.5]

5.4 欧洲

当前天气条件影响着欧洲的自然、社会以及经济系统的各个方面，在这些系统中各方面都已经显示出了对气候变化的敏感和脆弱。气候变化加剧了这种风险（极高可信度）。对气候变化所表现的脆弱性，欧洲各亚区之间有实质性的差别。欧洲南部和欧洲北极地区要比其它地区显得更加脆弱。边远地区和不太富裕地区的适应能力较差，这将导致严重的公平问题（极高可信度）。在第三次评估报告中与欧洲的主要脆弱性有关的发现与IPCC《气候变化区域影响特别报告》和第二次评估报告中所表述非常一致，不过对亚区的影响会更加具体一些，并且包括了与适应能力有关的新信息。[13.1.1，13.1.4，13.4]

5.4.1 水资源

*目前欧洲的水资源及其管理正在承受压力，气候变化会加剧这种压力(高可信度)。*在除了融雪洪峰减弱的地区外，欧洲大部分地区洪水灾害可能增加。水资源短缺的风险会增加，特别是欧洲南部（中等可信度）。气候变化可能加大欧洲南北部水资源的差异（高可信度）。到21世纪末欧洲将会有一半的高山冰川消失。[13.2.1]

5.4.2 生态系统

*由于气温升高和大气CO_2浓度增加，自然生态系统会发生变化。*永冻层也将减少、树木和灌木将侵入目前北部的永久冻土地带、阔叶林将侵入目前的针叶林生长地区。生态系统中的净初级生产力可能增加(也是由于氮沉降的结果)。但是由于升温使分解速率增加，可能将这些额外增加的碳储存量抵消。自然界物种的多样性也受到了这种气温迅速变化的威胁。动物的重要栖息地(湿地、苔原、与外界隔绝的栖息地）的减少也将威胁到一些物种（包括稀有／特有物种和一些候鸟）。由于生态系统的改变可能会引起海洋生态系统、水域生态系统及陆地生态系统中的动物种群的演替(高可信度，确定但没有完全的证据)。[13.2.1.4,13.2.2.1,13.2.2.3−5]

在欧洲南部变干和变暖的气候情景下，土壤的性质也将变差。这种影响的程度在各个地区间差别很明显，且会因降水量的变化而改变（中等可信度，确定但没有完全的证据)。[13.2.1.2]

在山区，温度的升高将导致生物带向高海拔迁移。物种将重新分布，在有些情况下，有些物种濒临灭绝(高可信度)。[13.2.1.4]

尽管森林害虫和病害将可能增加，但在欧洲北部的商业森林的原木产量将增加（中等可信度，确定但没有完全的证据)。由于干旱与火灾风险的升高，可能会使地中海地区的木材产量减少(高可信度，确定)。[13.2.2.1]

5.4.3 农业和粮食安全

*由于大气CO_2浓度提高，大部分作物的产量将会增加。*在欧洲南部和东部，产量增加将被水资源短缺的风险所抵消，还会被因气温升高使大部分禾谷类作物的生长期缩短所抵消。欧洲北部可能出现正面影响，而南部则会有部分农业生产系统受到威胁(中等可信度，确定但没有完全的证据)。

由于气候变化使渔业和水产养殖业的生产发生变化，包括动物区系的迁移，这些变化终将导致淡水鱼、咸水鱼及贝类生物多样性改变。不可持续的开发利用和环境变化会加剧这种变化（高可信度)。

表 TS-10：1990年和21世纪80年代欧洲沿海地区洪水发生及其影响范围的估算。洪水影响范围的估算对所假设的保护性标准非常敏感，这应该仅解释为提示性的术语（不包括前苏联）。

		洪水影响范围	
地区	*1990年受影响人口（百万）*	*1990 经历洪水平均人数（千人／年）*	*21世纪80年代 假定不采取适应对策 由于海平面上升而增加的量（%）*
大西洋沿岸	19.0	19	50到9，000
波罗的海沿岸	1.4	1	0到3，000
地中海沿岸	4.1	3	260到12，000

5.4.4 人居和金融服务

由于气候变化使财产受到中等程度的损失，保险业面临着潜在高代价的气候变化影响，但是如果及早采取主动措施，那么还会有很大的余地来实施适应性的举措（*高可信度*）。交通、能源及其它工业也将面临需求与市场机遇的变化。聚集在沿海地区的工业将面临海平面上升和发生极端事件的影响，有必要采取保护措施或者搬迁（高可信度）。[13.2.4]

休闲娱乐的地点选择也可能由于温度升高而发生改变。热浪会降低以往夏季在地中海地区度假的传统需求。积雪条件的可靠性降低，对于冬季旅游业来说也将产生不良影响。[13.2.4.4]

沿海地区洪水、侵蚀及湿地减少的风险会将明显增加，这些都潜在地影响着人居、工业、旅游业、农业及沿海自然栖息地。尽管北海沿岸已完全置于洪水的威胁之下，但是欧洲南部对这些变化表现得更为脆弱（高可信度）。表TS-10提供了对欧洲沿海地区洪水的影响与风险的估算。[13.2.1.3]

5.4.5 人体健康

因受炎热时间长，传染性疾病的蔓延及沿海和河岸沿线地区的洪涝，人体健康（市区因空气污染而加剧）面临一系列风险。与严寒有关的风险将减少（中等可信度，解释有争议）。[13.2.5]

5.4.6 适应能力

欧洲由于经济状况较好（高的国民生产总值(GNP)及其稳定增长））以及稳定的人口（在本区域内具有搬迁能力）和完善的政策、机构和技术支持系统，社会经济系统的适应潜力相对较高。但是其自然系统的适应潜力普遍很低（高可信度）。[13.3]

5.5 拉丁美洲

有充足的证据表明，在整个拉丁美洲无论从季节到长期的各种大时间尺度，都有气候变率发生。在拉丁美洲的许多亚区，这种正常气候变率一般来说和那些已经产生重要的社会经济和环境变化影响的现象相联系，那些变化产生的后果可能会由于全球变暖及其伴随的天气气候变化而加剧。

降水量的变化极大地影响着流速及径流量，它们同时也受到冰川与积雪融化的影响。降水量的变化及其迹象取决于所属的地理亚区。在拉丁美洲各亚区中温度也会变化。尽管这种变化可能取决于源数据的来源及数据质量以及用来研究和分析的记录时段，这些变化中有一些可能会对气候变化有贡献（低可信度）。[14.1.2.1]

ENSO对拉丁美洲的年际间的多数气候变化起主要作用（高可信度）。这些地区对厄尔尼诺的影响脆弱，厄尔尼诺对拉丁美洲大陆各地的影响也不同。比如，厄尔尼诺现象与巴西东北部、亚马逊河北部地区、秘鲁－玻利维亚的阿地普拉诺高原以及中美洲的太平洋沿岸的干燥状况有关。近几十年来墨西哥最严重的干旱发生在厄尔尼诺现象出现的年份，而巴西南部和秘鲁西北部则出现了异常的湿润情况。拉尼娜现象则与哥伦比亚过多的降水量与洪水以及巴西南部的干旱有关。如果厄尔尼诺现象与拉尼娜现象增多，拉丁美洲遇到的上述情形会更加频繁。[14.1.2]

拉丁美洲的一些亚区将经常遇到一些极端事件，历

史上这种水文和气候现象的异常结合对拉丁美洲产生了灾难。热带飓风和相关的暴雨、洪水和滑坡在中美洲和墨西哥南部变得非常普遍。在南美洲的西北部和巴西东北部，许多极端事件的发生也与厄尔尼诺现象有很大的关系。[14.1.2]

5.5.1 水资源

*在拉丁美洲有确切证据表明冰河在过去几十年中已经退缩了。高山地区气候变暖导致了重要的雪山和冰面溶解消失（中等可信度），*将有可能影响到高山体育运动和旅游。由于这些对河水流量有影响，这种气候变暖的趋势将影响到河水在灌溉、发电及航运方面的效能。[14.2.4]

5.5.2 生态系统

*有确凿的证据表明拉丁美洲是地球上生物多样性最大的集中地之一，气候变化的影响将增加生物多样性减少的风险（高可信度）。*在中美洲所见到的蛙类和小型哺乳动物的数量减少了，这可能与区域气候变化有关。由于人类活动影响、森林火灾发生频率及范围增加因降水量的耗水导致的蒸散量减少、全球变暖以及厄尔尼诺现象的综合影响使目前存留在亚马逊河流域的森林面临着威胁。中美洲新热带区的季节性干旱森也会严重威胁林。

在干燥情况下树木死亡率增加，尤其是在亚马逊区新近形成的边缘地带附近更为普遍。这些边缘也许由于毁林的增加而使大部分森林受到的影响越来越大，特别容易受到降水量减少的影响。在墨西哥，有将近50%的落叶热带森林受到影响。1997年至1998年期间，ENSO事件所产生的大量降水奇迹般地改变了秘鲁沿海地区的干燥生态环境。全球变暖将会扩大热带森林的适宜范围，以保证植物生长类型的平衡。但是，毁林的驱动因子很大，又会使热带森林范围的扩展化为乌有。土地利用与气候变化间相互作用的正反馈过程将促使湿润热带森林的损失加速。[14.2.1]

5.5.3 海平面上升

*海平面上升会减少目前的红树林适宜生存区域和形成新的潮水淹没区，从而影响到整个红树林生态系统，导致一些红树林物种发生迁移。*这些也将影响到区域内的渔业生产，因为大部分商业用的贝类和鳍类是以红树林作为它们的繁殖场所和栖息地的。由于海平面上升导致海岸淹没、河岸及平原地区洪水泛滥，将影响到这些地区的水资源利用率和农业用地，同时也会使社会经济和健康问题恶化。[14.2.3]

5.5.4 农业

*基于GCM和作物模拟模型，在阿根廷、巴西、智利及乌拉圭进行的农业研究表明，许多作物产量都将降低（如玉米、小麦、大麦、葡萄），甚至在考虑了CO_2施肥的直接影响和考虑在农场水平上采取中等程度的应对措施的情况下也是如此（高可信度）。*预计气温升高会使该地区作物生育期缩短从而使作物产量降低。过去40年里，农业对拉丁美洲国家的国内生产总值的贡献约为10%。目前农业仍然是这一地区经济的重要组成部分，因为这一地区农业劳动力占总劳动力的30–40%。它对最贫困地区人口粮食安全是非常重要的。用以维持生存的农业在拉丁美洲的部分区域已受到了严重威胁，包括巴西东北部。

确定但不完全，气候变化将降低林业产量，因为在旱季，水分匮乏常常限制了树木的生长。这种情况在拉丁美洲的大部分地区可能会持续很久而且会更加突出。表TS–11总结了对这些地区不同作物和不同管理措施的研究结果，所有研究都是在雨养情形下进行的；大部分结果显示出了负面影响，尤其是玉米。[14.2.2]

5.5.5 人体健康

气候变化对拉丁美洲人体健康的影响范围可能主要取决于人口的多少、人口密度、居住地及富有程度。热浪和寒潮对该区域高风险人群的死亡率有影响（中等可信度）。

气温升高将影响到生活在受污染城市中人群的健康，如墨西哥城、智利的圣地亚哥。业已证实，在巴西、秘鲁、玻利维亚、阿根廷和委内瑞拉，ENSO会引起疾病传媒种群发生变化，也会引起由水传播的疾病的影响范围有所变化。在秘鲁和古巴的研究已表明，温度及降水的增加将改变传染性疾病的地理分布如霍乱和脑膜炎（高可信度）。尽管推测疾病的发生模式在不同地区可能有所不同，但已有证据证明极端事件的发生将使死亡率和患病率（损伤、传染病、社会问题和卫生基础设施）增加，正如1998年中美洲的飓风米奇、1999年墨西哥和委内瑞拉的暴雨及2000年智利和阿根廷的暴雨一样。[14.2.5]

表TS-11：气候变化对拉丁美洲一年生作物的影响评估。

研究[a]	*气候情景*	*研究区域*	*作物*	*对产量的影响(%)*
Downing，1992	+3℃ 降水量−25%	智利，Norte Chico	小麦 玉米 土豆 葡萄	减产 增产 增产 减产
Baethgen，1994	GISS，GFDL，英国MO	乌拉圭	小麦 大麦	−30 −40到−30
De Siquira et al.，1994	GISS，GFDL，英国MO	巴西	小麦 玉米 大豆	−50到−15 −25到−2 −10到+40
Licerman和O'Brien，1991	GFDL，GISS	墨西哥，Tlaltizapan	玉米	−20 −24 −61
Liverman et al.，1994	GISS，GFDL，英国MO	墨西哥	玉米	−61到−6
Sala和paryelo，1994	GISS，GFDL，英国MO	阿根廷	玉米	−36到−17
Baethgen和margin，1995	英国MO	阿根廷 乌拉圭(9个站点)	小麦	−5到−10
Conde et al.，1997[a]	CCCM，GFDL	墨西哥(7个站点)	玉米	增产－减产
Margin et al.，1997[a]	GISS，GFDL，英国MO，MPI	阿根廷(43个站点)	玉米 小麦 向日葵 大豆	−16到+2 −8到+7 −8到+13 −22到+21
Hofstdte et al.，1997	incremental	乌拉圭	大麦 玉米	−10[b] −8到+5[c] −15[d] −13到+10[c]

[a] 参考第14章参考文献，提供了所有的文献；
[b] 增加1℃；
[c] 降水量变化在−20—20%；
[d] 增加2℃。

5.6 北美

北美将经受气候变化正负两方面的影响（高可信度）。对生态系统和人类聚居地的不同影响会加大对气候敏感的资源生产的地区间差异及对极端事件的脆弱程度。面对日益频繁的多种胁迫，采取相应适应对策的机遇与挑战也在增加（表TS－12）。作为对目前与气候有关的挑战的回应，一些新颖的应对措施正在受到考验（如防水堤），但是几乎没有迹象表明这些措施可以作为气候变化的地区性措施而继续执行。温度、降水、疾病传播媒介及水资源可利用程度等方面的变化，都要求采取相应的适应对策，例如，包括在防暴风雨设施、供水基础设施以及社区保健服务方面的投资。[15.3.2，15.4]

5.6.1 社区和城市基础设施

极端事件的频度、强度和持续时间的潜在变化是北美与气候变化有关的最重要的风险之一。气候变化对城市的潜在影响包括冬季严寒期缩短、酷热频度增加、海平面上升、风暴潮风险增加、与风暴和超常降水相关的洪涝

表TS-12: 北美亚区气候变化适应性问题，一些为本地区特有的问题也已指出。

北美亚区域	*活动*	*气候变化适应对策选择和挑战*
大多数地区或全部亚区	– 变化的日用品市场 – 超大面积范围水资源的深度开发－内及跨国 – 集权、土地争端、谈判协议－国内及跨国 – 城市扩张 – 交通膨胀	– 水、环境市场所起的作用 – 改变水和能源系统的设计和操作 – 农业和林业方面的新技术或新措施 – 受威胁生态系统的保护或对新景观的适应 – 夏季(温暖天气)旅游增加的作用 – 极端事件所引起的水质量风险 – 管理社区健康以应付变化的风险因子 – 公共紧急援助和私人保险作用的变化
北极地区	– 冬季运输系统 – 土著人生活方式	– 针对永冻层和结冰条件进行的设计 – 两种经济和共同管理群体所起的作用
沿海地区	– 商业性海洋资源减少(鳕鱼、鲑鱼) – 沿海地区发展强度加大	– 水产业、栖息地保护、船队减少 – 高需求区域的沿海规划
五大淡水湖地区	– 湖面水位变化的敏感性	– 在海岸线入侵增加时，对降低的湖面平均水位进行管理

发生时间、频率、严重程度方面的变化。这些事件的出现会对健康产生影响，尤其是热浪增加和极端事件变化。

进行适应性基础设施投资，将可减轻社区受到不利影响的程度，这些投资可能相当昂贵。农村、贫困人群及土著居民可能无法进行这样的投资。此外，基础设施投资决策是建立在气候变化之外的其它多种需要之上的，包括人口增长和现有系统的使用和损耗程度。[15.2.5]

5.6.2 水资源和水生生态系统

由于降雨的不确定性使得对北美年总径流量的变化还很难有一致的认识。从模拟看出，在大多数情景下，增温对湖面蒸发影响的结果，在大多数情景下，会导致最大的湖——圣劳伦斯湖系统——水位和流量降低(中等可信度)。暴雨事件增加将带来大量的泥沙沉积以及非点源污染聚集于河流(中等可信度)。另外，*在季节性融雪为重要水资源的地区(如哥伦比亚河流域的加利福尼亚州)，增暖似乎会导致径流的季节性转变，冬季会出现大量的径流，而夏季的流量会减少(高可信度)*。这可能对进入和流出河流的夏季水的质量和利用率造成不利影响(中等可信度)。图TS-8标示出了可能的影响。[15.2.1]

对这种季节性径流变化的适应性对策，包括改变人工贮水容量管理、加强对地下水和地表水供应的协调管理以及增加水用户之间的用水配额自愿转让。这些措施可以减轻夏季流量减少对水用户造成的影响，但要抵消对许多水生生态系统的不可逆影响，可能很难或根本不可能，而且可能不能为所有水用户继续稳定保质提供目前容易得到的用水量。在一些地区(如美国西部)将会看到有效的水供应将从农业灌溉向城市和其它相对高价利用水的部门的转移。这样的重新分配提高了社会优先权并调节了相关费用，这种费用调节将取决于体制是。

5.6.3 海洋渔业

目前认为，海洋/海岸带环境中的气候相关变异性在太平洋、北大西洋、白令海和墨西哥湾几个北美渔业的产量中扮演着重要的角色，影响海洋鱼群产量和空间分布过程的变化与气候变化以及与未来商业捕鱼方式的不确定性之间存在复杂的联系（高可信度）。从捕捞太平洋鲑鱼和鳕鱼的经验说明，可持续的渔业管理将需要及时的和准确的影响鱼量的环境科学信息，同时要求对获得的这些信息，在制度上和操作上能做出快速灵活的反应。[15.2.3.3]

5.6.4 农业

较小的和较中等的气候变化将不会危害食物和纤维生产(高可信度)。相对于其它地区来说，当一些地区的相对优势明显减少的话，将会对地区产量造成强烈的影响

I. 阿拉斯加、育空、和不列颠哥伦比亚沿海地区

人口不多/水资源丰富的地区；
潜在的生态、水电、和洪水影响：

- 春季洪水灾害的风险增加
- 南部地区冰川消退或消失，在北部则推进；
- 影响流量和河流生态
- 增加对鲑鱼和其它鱼种的抑制
- 对沿海湿地造成洪灾
- 改变河口盐分含量和生态

V. 亚北极和北极地区

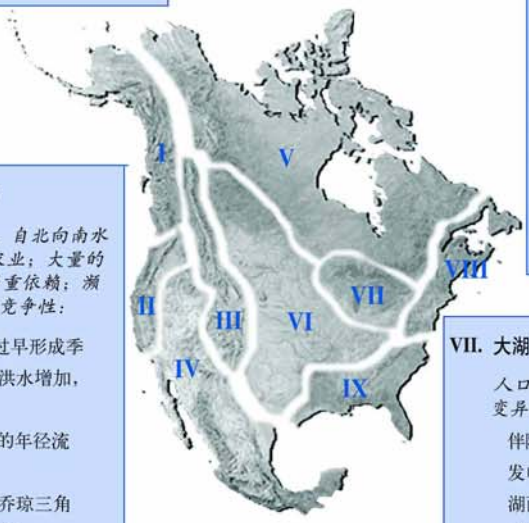
人口稀少(多依赖于自然系统)；冬季冰是这一水循环的重要特征：

- 冰层变薄，不结冰期增加1～3个月，开阔的水域增加
- 湖面水位波动的变异性增加，一些三角湖可能彻底变干
- 由于气温变暖且生长季变长使水生生态和物种分布发生改变

VI. 美国中西部和加拿大草原

农业腹地－大多数为雨养农业、一些地区严重依赖灌溉：

- 年河流流量减少或增加；流量可能在夏季大幅减少
- 严重干旱发生的可能性增加
- 半干旱地区干旱的可能性增加
- 灌溉需求的增减和可用水量的不确定性－对农业收入、地下水位、河流流量和水质产生影响



II. 太平洋沿海地区的州(美国)

大量的和迅速增加的人口；自北向南水丰度降低；集约化的灌溉农业；大量的控水水利设施；对水电的严重依赖；濒危物种问题；增加的水资源竞争性：

- 冬季雨量增加/雪量减少－过早形成季节性径流高峰，秋季/冬季洪水增加，夏季水供应减少
- 内华达山脉和Cascade地区的年径流量可能增加
- 旧金山湾和萨克拉门托/圣乔琼三角洲地区夏季盐分含量可能升高
- 湖泊和河流生态学改变－温水物种受益；冷水物种受到威胁(鲑鱼大马哈鱼)

VII. 大湖区

人口密集、工业化程度高的地区；湖水水位和流量的变异目前影响水电、航运和岸线结构：

- 伴随径流的减少和湖水水位的下降可能的降水增加发电能力下降；航运水道深度降低
- 湖面冰的覆盖面积减少一些年份无冰覆盖
- 浮游植物浮游动物生物量的变化、鱼类的北迁、冷水物种可能灭绝

III. 洛基山地区(美国和加拿大)

南部人口迅速增加、北部人口轻微增加；灌溉农业、娱乐业、和城市化扩展增加了水的竞争；其他地区河流上游的面积：

- 冬－春季雪线升高，降雪可能增加，雪融提前，过多的雨雪发生频率－季节性河流径流流量变化，夏季径流可能变小，夏季土壤水分减少
- 河流温度变化影响物种组成；使冷水鱼更加孤立

VIII. 美国东北部和加拿大东部地区

大量的人口(主要是城市人口)普遍充足的水供应、大量的小水坝、但总的水库蓄水能力有限；人口稠密的冲击平原：

- 雪覆盖量和覆盖期的减少
- 流速及流量可能大幅度下降
- 海岸侵蚀加速、咸水入侵沿海地下水
- 冰冻/融在数量、时间方面的变化，影响春季洪灾
- 沼泽生态系统可能消失
- 鱼类的分布、迁移模式改变

IV. 西南地区

迅速增加的人口，对有限的地下水和地表水的依赖，边界地区的水质问题，濒危物种问题，对暴涨洪水的脆弱性：

- 积雪场和径流量可能增加
- 地下水量可能降低－水供应减少
- 水温升高－对水生物种造成进一步胁迫
- 强雨事件发生频率增加－洪水暴涨的风险增加

IX. 美国的东南部、墨西哥湾、大西洋中部地区

不断增长的人口－尤其是在沿海地区、水质/非点源污染源问题，对水生生态系统的胁迫：

- 极端降水事件、飓风对人口密集的沿海冲击平原构成威胁
- 可能的较低的基本流量、较大的峰流量、较长时间的干旱
- 降水可能增加－径流/河流水流量可能增加或减少、流量变异增加
- 墨西哥湾北部缺氧地区明显扩大－与降水量/非点源污染源相关的其他影响
- 河口系统、湿地范围、生物活动和物种分布发生变化

图 TS–8：对北美地区水资源的可能影响。

(中等可信度)。总体而言，这将会产生较小的净的正面影响。生产者和消费者的农业福利将随适度的气候变暖而增加。然而，若气候进一步变暖，收益将会很快降低——甚至变成净的损失。美国大平原和加拿大大草原地区干旱的潜力会增加。在加拿大，粮食产区有限北移的机会也可能增加。

CO_2直接的生理效果所增加的产量以及农场和农业市场层次上的调节(如行为上的、经济上的、和制度上的)将会抵消一些损失。农场和农业市场层次上的调节对经济的影响研究表明，气候变化对农业的负面影响可能被过高估计，因为这些调节还没有被考虑进去(中等可信度)。但是，农民对投入和产出的选择的能力很难预测，这将依赖于市场和制度。[15.2.3.1]

5.6.5 森林和保护地

*据预测，气候变化在未来50–100年内，无论是森林面积还是其生产力都将可能增加(中等可信度)。*然而，气候变化会引起一些“干扰因子”(如火、虫害爆发)的性质和范围的变化(中等可信度)。极端或长期气候变化情景表明，大面积扩展森林范围的可能性降低(低可信度)。

有明显的证据表明，气候变化会使特殊的生态系统类型消失——高山地区、特殊的沿海湿地(如盐沼)和内陆湿地(高可信度)。通过有计划的保护工程，特别是确定和保护那些已受到威胁的生态系统，这是一种适应对策。由于有适应性的管理，受到管理的木材产地比没有管理的地区受气候变化的影响较少。[15.2.2]

5.6.6 人体健康

包括疟疾、登革热等由病原体产生的疾病其范围可能扩展到美国甚至发展到加拿大。由扁虱传播而发生的莱姆关节炎也可能扩展到加拿大。然而，社会经济因素如公共健康措施，将会在决定这些疾病的存在与否和存在范围方面起着重要作用。与水有关的疾病可能会随气温和水温的变暖而增加，并伴随农业和城市地区的强径流事件的发生。对流性风暴频率的增加可能导致与暴风雨有关的哮喘病例更多地发生。[15.2.4]

5.6.7 公共和私营保险系统

通货膨胀带来的灾难性损失，在北美过去30年内增加了8倍(高可信度)。私营承保机构(特别是财产保险)的出现甚至过剩以及再保险正在涌现，而且，与气候有关的利润损失和无力偿还已经时有发生。随着变富裕及人口向脆弱地区的迁移，北美的保险(占全球的59%)损失正在增加。保险业对这些变化的脆弱性因地区而异。

最近的极端事件已经使保险公司有了一些应对措施，包括增加对建筑物的标准和灾害准备方面的关注。保险公司的传统措施起初是基于历史上的气候经验；最近，他们已开始利用模型来预测未来与气候有关的损失，其前景令人惊讶。政府作为承保者或救灾者起着主要作用，特别是当私营保险公司无法承保时。

5.7 极地地区

*正如所预料的那样，极地地区的气候变化与地球上其它地区相比是变化最显著的地区。北极地区二十世纪100年来的数据表明：绝大多数地区的增温趋势在5℃范围内(极高可信度)，降水亦增加(低可信度)。*在加拿大东部有一些地区气候冷凉。海冰的覆盖范围每十年减少2.9%，1978 – 1996年期间海冰的厚度已逐步变薄(高可信度)。据统计，自1915年以来，整个欧亚大陆春季降雪已明显减少(高可信度)。永冻土面积已减少并开始变暖(极高可信度)。在一些地区，永冻层之上的季节性融冻层的厚度增加，形成了新的大范围永冻土融化区。*在南极，随着冰架的显著减少，南极半岛气候变暖的趋势十分明显(极高可信度)。*在南极大陆，高山陆地植被的范围正在增加(极高可信度)。其它地区变暖趋势不明显。在20世纪50年代中期到70年代初期，南极海冰后退了3个多纬度；不过自从1973年以来，它并没有显著变化(中等可信度)。[16.1.3.2]

*北极对气候变化极端脆弱，像预计的那样，对自然、生态以及经济方面的主要影响正迅速显露出来。*各种反馈机制将会引起一种放大响应，其结果将对其它系统和人类造成一系列的影响。在陆地和海洋将会带来不同的物种组成，种群分布向极地迁移，人类社区传统的生活方式将受到严重破坏。*在北极的发达地区和永冻层极为丰富的冰区，要特别关注以减少正在融化的永冻层所带来的不利影响，如对建筑物和交通的严重破坏(极高可信度)。*当然，气候变暖也将会带来一些有利的影响，如减

少了对热能的需求。北冰洋海冰大量减少将会对开通北极海洋线路和生态旅游带来好处，这将给北极贸易和当地通讯带来很大的潜在利益。[16.2.5.3，16.2.7.1，16.2.8.1，16.2.8.2]

在南极地区，预测的气候变化将会慢慢地产生影响(高可信度)。因为在较长的一段时期内，这些影响都将会发生，即使在温室气体排放已经稳定后，这些影响也将会继续持续较长时间。例如，对极地大冰原和全球海洋环流式的影响将是缓慢而持久的，在未来的几个世纪内这都将是不可逆转的，并且会引起世界其它地方的变化，包括海平面上升。据预测，南极半岛周围的冰架将会进一步大量减少。随着生物活动的加强和鱼类生长速率的提高，变暖的气温和海洋冰块的大幅度减少很可能还会对南部海洋的生态和自然海洋产生长期影响。[16.2.3.4，16.2.4.2]

极地地区包含许多气候变化的驱动因子。据预测，由于复杂的物理和生物学过程的作用，大洋州南部吸收的碳将大量减少。由水分含量变化所引起的冻土地带的温室气体排放、暴露的沼泽的分解以及永冻层融化都将增加。高反射率的冰雪范围减少，将会加大变暖的趋势(极高可信度)。由北极增加的径流量和雨量、南极冰架的融化、以及海洋冰块减少，将淡化海水，其结果将减缓北大西洋和大洋南部的温盐环流，并且减少深层海水的交换量。[16.3.1]

自然极地生态系统对气候变化的适应主要是通过物种的迁移和改变物种的组成。一些物种可能濒危(如海象、海豹、极地熊)，而另外一些物种则可能会壮大起来(如北美驯鹿和鱼类)。尽管这些变化可能对许多当地生态系统和特殊物种造成破坏，但未来气候变化将可能最终使得极地自然生态系统的总体产量有所增加。[16.3.2]

按照传统生活方式生存的土著居民，适应气候变化的机会非常有限(极高可信度)。海冰、降雪季节、居住地以及食物种类多样性的变化，都将影响狩猎和采集活动，并且可能威胁长期流传下来的传统和生活方式。技术上比较发达的社区，可能会变更交通模式、增加投资以利用新的商业和贸易机会，较快地适应气候变化。[16.3.2]

5.8 小岛国

气候变化和海平面上升将给小岛国带来严重威胁，这些小岛国广泛分布于太平洋、印度洋、大西洋、以及加勒比海和地中海周围地区。小岛国的特征表明，其与海洋相比而相对较小的陆地面积、有限的自然资源、地理位置上的相对孤立性、极小的经济开放程度，对外部冲击、对自然灾害和其它极端事件具有高敏感性；迅速增加的高密度人口、较差的基础设施、有限的资金、人力资源、以及技能，都使其脆弱性增加。这些特征限制了小岛国减少和适应气候变化及海平面上升的能力。[17.1.2]

许多小岛国已经或正在受到目前海洋和大气状态大范围的年际间变异的影响。结果小岛国受到的最明显和最直接的影响可能与降雨时段的变化、土壤水分收支、盛行风(风速和风向)、短期的区域和当地海平面变异、海浪运动模式有关。在过去和现在的气候趋势和气候变化中已经证实这些变化，即：平均温度每10年上升0.1℃、在被调查的大多数小岛国所处的热带海洋地区的海平面每年上升2毫米。对不同地区所观测到的数据进行分析表明，水面空气温度的升高远远大于全球变暖的速率，特别是在太平洋和加勒比海地区。太平洋和加勒比海地区降雨量变异的记录显示出了与ENSO的发生有密切关系。然而，这些变异部分可能是由于热带地区和南太平洋辐合区的转移，这种转移对雨量变异的影响还须进一步研究。对目前海平面变化趋势的解释当然也受制于观测记录，特别是受制于潮汐测量标准的限制。[17.1.3]

5.8.1 公平和可持续发展

虽然小岛国对全球温室气体排放的贡献并不显著，但未来气候和海平面上升对这些国家的影响可能是相当严重的。小岛国适应能力弱、对外部波动高度敏感、以及对自然灾害高度脆弱，这些将会影响到几代人。对以可持续模式发展的大多数小岛国来说，其对气候变化的适应将是极端困难的。[17.2.1]

5.8.2 沿海地区

小岛国已经遭受影响的大部分沿海地区的变化都归因于人类活动。据预测，在未来100年中海平面每年上升5毫米，将会加重对沿海地区进一步发展的影响，对沿海是负面影响(高可信度)。反过来，由于自然恢复能力的降低和适应成本的增加，将增加沿海环境的脆弱性。由于影

响的严重程度因地区而异，一些小岛国最需要考虑的是它们是否有足够的潜力来适应在其国内的海平面上升。[17.2.2.1，17.2.3]

5.8.3 生态系统和生物多样性

据预测，未来的气候变化和海平面上升将影响物种组成及其竞争。据估计，每三个已知的濒危植物中就会有一个是岛上特有物种，而岛上特有鸟类则有23%面临濒危。[17.2.5]

依赖于稳定的环境条件的珊瑚礁、红树林和海藻床将受到气温升高、海水温度升高和海平面上升的不利影响（中等可信度）。偶尔发生的海面温度升高，已经使遭受大范围珊瑚白化的珊瑚数量受到影响。红树林通常生长在热带营养／沉积物富积的海岸和海湾地区，由于人类活动已经发生了改变。海平面升高可能会影响为海岸和其它资源提供保护的红树林向陆地、沿岸迁移，。海面温度增加对已经遭受了来自陆地污染和径流胁迫的海藻群落产生负面影响。在上述这些系统里，依赖于此而栖息和繁衍生息的鱼类数量可能受到负面影响。[17.2.4]

5.8.4 水资源、农业、和渔业

水资源和农业是非常重要的问题，因为大多数小岛国都拥有有限的耕地和水资源。社区依赖于来自集水区的雨水和极为有限的淡水。另外，种植业主要集中于或靠近沿海，低洼小岛和珊瑚礁岛上更是如此。由于海平面上升，地下水位和土壤盐渍化的改变将对当地的许多主食作物，如芋头，产生很大影响。

虽然捕鱼主要是手工或小规模的商业行为，但对于许多小岛来说，捕鱼是他们的一项重要活动，而且对小岛居民的蛋白的摄入起着很重要的作用。在未来气候变化条件下，许多鱼类和甲壳类动物的繁殖场所和栖息地都将面临越来越多的威胁，如红树林、珊瑚礁、海草床和盐池。在未来气候变化下都将面临越来越多的威胁。在许多小岛国，水资源、农业和渔业对目前已经观测到的海洋和大气状态的变异很敏感，随着未来气候和海平面的变化，这些影响将很可能加剧(高可信度)。[17.2.6，17.2.8.1]

5.8.5 人体健康、居住地，基础设施和旅游业

在小岛国，一些人类系统也将受到未来气候变化和海平面上升的影响。许多热带岛屿地区的人体健康问题应该得到重视，因为这些热带岛屿正在经受病原菌和水生疾病的侵袭，而这些疾病可能与ENSO现象、干旱和洪水有关。极端气候事件也会对一些地区的福利造成巨大负担，这些负担在未来将会增加。在小岛国，几乎所有的居住地、社会经济设施、以及诸如旅游之类的活动都位于或靠近沿海区域。旅游是许多小岛国的国家税收和就业的主要来源(表TS-13)。气温和降雨区域的变化，就像海滩减少一样，会损害许多小岛国的经济(高可信度)。这些地区对未来气候变化和海平面上升非常脆弱，所以通过执行持续的合理使用资源的计划项目来保护和繁荣海滩及景点是非常重要的。沿海区域的整体管理已被许多小岛国作为一项旅游业可持续发展的行之有效的方法之一。[17.2.7，17.2.9]

5.8.6 社会文化和传统资产

某些传统的岛屿资产(物品和服务)也将受到气候变化和海平面上升的威胁。这些有用的资产包括生存和传统技术(技能和知识)以及有凝聚力的社区结构，这些结构在过去曾使这些小岛在遭受各种袭击后得以恢复。海平面上升和气候变化加之其它环境胁迫，已经破坏了在许多太平洋岛国内的独特文化和宗教遗址、传统的世袭资产以及一些重要的沿海保护地区。[17.2.10]

6. 适应性、可持续发展和公平性

虽然气候变化适应措施既需要资金投入也不一定能完全避免其破坏作用，但却具有持续降低气候变化不利影响和增强有利影响的巨大潜力。在自然系统中，适应性措施具有反应性，而在人类系统它也具有可预见性。图TS-9举举了气候变化适应性的几种类型和例子。对气候变率和极端事件采取适应性措施的经验表明，无论是公共部门还是私营部门，真正采取潜在的适应性措施都有困难。私营部门或市场驱动的部门或区域适应性措施，其实施程度和有效性受到其它因子、制度条件和市场失灵的各种因素的限制。到目前为止，尚没有证据显示私营部门适应性能够用来补偿气候变化对自然环境的破坏作用。在某些情况下，适应性措施可能会带来没有预料到

表 TS – 13：旅游业对一些小岛国的重要性。

国家	*游客数量（千人）*[a]	*游客数占总人口的百分比*[a]	*旅游收益*[b]	
			占 GNP 的百分比	*占出口的百分比*
安提瓜岛和巴布达	232	364	63	74
巴哈马	1618	586	42	76
巴巴多斯	472	182	39	56
佛得角	45	11	12	37
科摩罗(群岛)	26	5	11	48
古巴	1153	11	9	n/a
塞浦路斯	2088	281	24	49
多米尼加	65	98	16	33
多米尼加共和国	2211	28	14	30
斐济	359	45	19	29
格林纳达	111	116	27	61
海地	149	2	4	51
牙买加	1192	46	32	40
马尔代夫	366	131	95	68
马耳他	1111	295	23	29
毛里求斯	536	46	16	27
巴布亚新几内亚	66	2	2	3
圣基茨和尼维斯	88	211	31	64
圣卢西亚	248	165	41	67
圣文森特	65	55	24	46
萨摩亚	68	31	20	49
塞舌尔	130	167	35	52
新加坡	7198	209	6	4
所罗门群岛	16	4	3	4
特立尼达和多巴哥	324	29	4	8
瓦努阿图	49	27	19	41

[a] 指 1997 年入境游客量相对于人口的比值。

[b] 旅游收益的数据为 1997 年的有：巴哈马、佛得角、牙买加、马尔代夫、马耳他、毛里求斯、萨摩亚群岛、塞舌尔、新加坡、所罗门群岛；数据为 1996 年的有：安提瓜和巴布达、古巴、多米尼加、多米尼加共和国、斐济、格林纳达、海地、巴布亚新几内亚、圣卢西亚、圣文森特；数据为 1995 年的有：巴巴多斯、科摩罗(群岛)、塞浦路斯、特立尼达和多巴哥、瓦努阿图；数据为 1994 年的有：圣基茨和尼维斯。

的后果，如对环境的破坏。如仅靠自发反应和自动适应气候变化产生的叠加影响，其生态、社会和经济代价将是巨大的。这些代价大部分可以通过有计划和可预见的适应措施来避免。如果设计周密，许多适应性战略能够在近期和将来带来多种效益。然而，这些措施的可操作性和有效性也有一定的局限。适应性能力的加强将减少行业和地区对气候变化包括变率和极端事件的脆弱性，并促进行业或地区的持续发展和公平性。[18.2.4，18.3.4]

如果不考虑自发性的适应措施，有计划的和可预见的适应措施在降低气候变化脆弱性以及提供一些和气候变化相关的机遇方面也具有很大的潜力。通过公共代理机构提供适应设施也是社会适应气候变化的一个重要方面。适应性政策、项目和措施的实施一般都会带来即时和长远效益。对当前气候和与气候相关联的危害（比如复发性的干旱、风暴、洪水和其它极端事件）的适应性通常

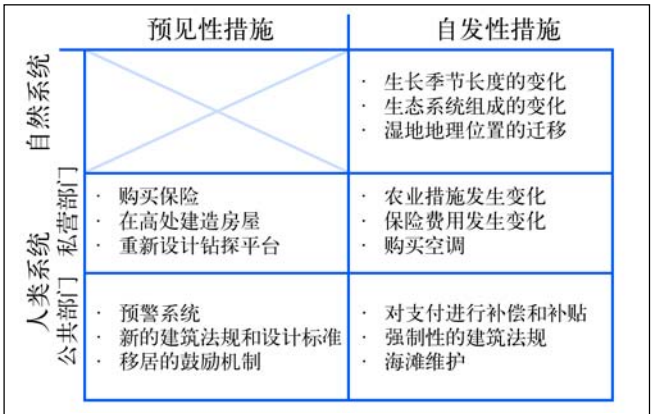
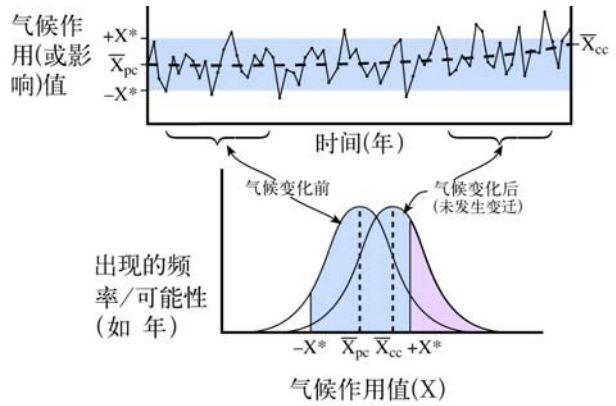


图 TS–9：气候变化适应性的几种类型，包括例子。



- - - X平均值的趋势(20年平均)

$\bar{X}_{pc}$ = 起始阶段气候作用的平均值(气候变化前)

$\bar{X}_{cc}$ = 结束阶段气候作用的平均值(气候变化后)

+X* = 利益相关系统气候作用的上限值：值 < -X*表示有问题，可以考虑是极端事件或超出了灾害的阈值界限

-X* = 利益相关系统气候作用的下限值：值 < -X*表示有问题，可以考虑是极端事件或超出了灾害的阈值界限

潜在的最小灾害对利益相关系统的影响范围和区域

极端事件的可能性(如气候作用值 > +X*)

图 TS-10：气候变化、变率，极端事件和覆盖区域。

与正在和已经变化了的气候条件的适应措施一致。只有当适应性措施和应对非气候逆境的决策或项目保持一致，或在综合考虑的时候，才可能得到有效的实施。与气候变化相联系的脆弱性很少独立于非气候条件之外。气候因子的影响是通过经济和社会的压力体现出来的，根据这些状况可以对气候适应性（由个人、团体和政府实施的）进行评估和应用。适应性措施的费用通常相当于其它的管理或发展费用的一小部分。为了提高有效性，气候变化的适应性措施必须考虑非气候逆境，必须与现在的政策、规范、发展目标和管理结构相一致。[18.3.5，18.4]

气候变化脆弱性和适应性的主要特点在于它总是同气候变率和极端事件密切相关，而不是简单地和平均变化状态相联系（图TS-10）。几个世纪以来，社会和经济总在不断地通过各种方式适应气候。大多数的行业、地区和社区总是能够采取措施适应平均变化的状态，特别是当变化是一个逐渐的过程时。然而，气候变率和极端事件带来的损失是严重的，在一些行业还正在增长。这些损失表明自发的适应性已经不足以补偿气候条件短时性突变带来的破坏。缺乏适应频率变化和／或非均衡状态变化能力的社区更加脆弱，尤其是对于气候变化引起的极端事件。未来的适应措施能否成功地抵消气候变化的不利影响取决于对气候变化、变率和极端事件的适应能力。[18.2.2]

6.1 适应能力

*地区、国家和社会经济组织之间的适应能力千差万别，而且也随时间的变化而变化。*表TS-14概括了各个行业的适应性措施和适应能力，表TS-15涵盖了TAR中各区域的此类信息。最脆弱的地区和社区最容易受灾害性气候变化的影响，而且适应能力也十分有限。适应和对付气候变化影响的能力决定于其经济状况、科学技术水平、信息、技能、基础设施、制度和公平性等多个方面。如果一个国家经济资源匮乏、科学技术水平落后、信息不畅、技术力量不足、基础设施差、制度薄弱动荡、权利分配和资源利用不均衡，就缺乏气候变化适应力且具有高度的脆弱性。如果组织或区域的适应能力受其中任何一个因素的限制，它们对气候变化灾害的脆弱性就会加大，正如它们对其它逆境更脆弱性一样。[18.5，18.7]

6.2 发展、可持续性和公平性

*各种要求提高适应性能力的活动和促进可持续发展的活动在本质上都一致。*提高适应性能力是降低脆弱性的必要条件，特别是对于最脆弱的地区、国家和社会经济组织。许多对气候变化脆弱的地区和行业也承受着其它因素的压力，诸如人口增长和资源枯竭。通过降低资源消耗、提高应对环境危机的管理水平、提高适应能力等完善政策的行动，可以使适应气候变化和可持续发展目标相得益彰。气候适应能力以及公平性目标可以通过主动改善社会最贫困人口的福利水平得到共同发展，例如，提高粮食安全性、配备安全供水和健康保健设施、提供住房和其它资源。虽然他们还没有将气候变化、变率考虑到风险之内，各种开发决策、可能并没有考虑气候变化和变率的风险，但都对完善一个地区和社区的适应性能力具有重要的作用。在发展模式的设计和实施中主动考虑到气候的风险性对于降低脆弱性、实现可持续发展非常必要的。[18.6.1]

表TS-14：各部门的适应性和适应能力（第4章至第9章的主要发现）。

部门	*主要发现*
水资源	— 水资源管理者具有适应变化的经验，许多现有技术可以作为适应性选择措施加以评估和利用。然而，由于气候变化的普遍性，一些传统的适应性措施可能会被剔除，一些可利用的适应性措施也经常得不到应用。 — 适应性可包括对供应方（例如改变基础设施或者制度上的安排）和需求方进行的管理（如改变要求或减少风险等）。无论气候如何变化，现有的大量的无悔性政策都将产生净的社会效益。 — 对水资源管理者而言，气候变化只是众多压力中的一个。尽管在未来的资源管理中越来越多地考虑到了水管理决策，但还没有任何管理决策只是应对气候变化的。有些脆弱性超出了水管理者的常规职权。 — 气候变化对水资源影响的经济成本评估在很大程度上依赖于适应性的假设，经济上最佳的适应措施可能受到与不确定性、制度和公平相关的限制因素的制约。 — 通过脆弱性问题的暴露和公众对气候危险性认识的提高等，极端事件常常成为水资源管理变革的催化剂。气候变化改变了极端事件和变率的指标，并使适应性决策复杂化。 — 适应性能力受到制度可行性、财力、管理科学、计划的时间框架、组织和法律框架、技术和人口流动等的影响。 — 水资源管理者需要变化研究和管理工具以帮助决策适应不确定性和变化，而不是改善气候情景。
生态系统及其服务功能	— 适应一些生态系统服务功能的丧失是可能的，特别是在管理的生态系统中。而对自然生态系统，生物多样性造成损失的适应也许是困难的，或者根本不可能。 — 农业具有相当大的适应能力，包括改种作物和资源替代。但是能够考虑到气候变化和年间变率的适应性措施尚未明确。 — 农业具有适应的可能，但如果缺少足够的周转资金和均衡（或剩余）资金就不可能实现。 — 在自然资源极度贫乏和农民适应能力极其有限的地区，气候变化的不利影响会更大。 — 在许多国家，草原占有十分重要的地位，基础设施的缺乏和在资源管理上资金投入不足限制了适应性措施的选择。 — 商业林具有适应能力，反映了不确定状态下长期管理决策的历程。在土地利用管理（树种的选择）和产品管理方面（加工处理－市场）都具有适应性。 — 发达国家的适应措施比较完善，而发展中国家和经济转轨国家的适应能力则比较薄弱，特别是热带、亚热带地区的国家。
海岸地区	— 如果没有适应对策，全球变暖和海平面升高的结果将是灾难性的 — 海岸带的适应性不是简单选择一种技术去应对海平面的升高（战略目标是保护、适应或回退），这是一个复杂和多次反复的过程，而不只是一个简单的选择。 — 在适应措施选择与海岸带管理、减灾方案、土地利用规划和可持续发展战略有机结合时，他们将更容易被接受并更有效。 — 现有政策、发展目标将左右适应性措施的选择，这就要求研究者和决策制定者要朝着建立一个能够被普遍接受的适应性框架方面努力。 — 海岸系统对变化的适应能力同海岸恢复力大小有关，海岸恢复力的大小与其地貌、生态和社会经济组成有关。增强恢复力——包括应对影响的技术、制度、经济和文化的能力，是一个特别有效的适应性战略，为解决未来的不确定性和满足持续发展的需求提供了机会。 — 低影响和高适应能力的沿海社区和海洋产业部门受到的影响将最小，而经济资源不足、基础设施差、通讯和运输手段落后、社会支撑系统薄弱的社区则缺乏适应性措施，对气候变化较为脆弱。
人居、能源和工业	— 范围大、损失严重的气候变化影响的原因主要是由于极端气候事件变化造成的，这些极端事件超过了人类系统所设计的承受能力。 — 许多适应措施的选择能够降低人居对气候变化的脆弱性。然而，城市管理者，特别是在发展中国家，处理当前问题的能力（人居，卫生，水，能源）已经十分薄弱，再应对气候变化的风险，就会更加超出他们的处理能限。 — 资金匮乏、制度缺陷、缺乏合适和周密的计划是人类居所适应气候变化的主要障碍。 — 如果脱离了当地的基础条件、技术状况和受到支持的政治领导集体，就不可能有成功的环境适应措施。 — 适应能力及意愿具有一定的不确定性，这将阻碍对适应性和脆弱性的评价。

表 TS-14:(续)

部门	主要发现
保险和其它金融服务	— 在短期内,金融和保险服务对气候变化的适应措施可能会随着极端气候事件的频率和强度的变化而变化。 — 气候变化风险的增加将导致传统业务的扩展和新金融风险管理产品的发展,但造成损失的事件变率的增加将进一步加大实际上的不确定性。 — 金融服务公司对外部的剧烈变动具有适应能力,但尚没有证据显示气候变化也包含在其投资决策中。 — 金融行业的适应能力受相关的政策规范、公司从风险市场的回退能力以及与灾难储备相关的财政政策的影响。 — 适应性将引发公共和私营保险业作用的变化。与气候关联的损失在时间、频率和/或空间分布的变化都将使已经超负荷的政府保险和灾害援助项目的需求增加。 — 发展中国家在寻求适时的适应措施时面临一些特殊困难,包括资金不足、无法得到技术和政府没有计划支持。 — 保险公司适应措施包括提高保险价格、政策不可更新、废止新政策,限制最大保额和增加扣除部分——但这些活动可能严重影响发展中国家的资金投入。 — 发达国家一般具有较好的适应能力,包括利用技术、经济方式实现成本分摊。
人体健康	— 适应性措施包括社会、制度、技术或者行为方面的改进以降低潜在的不利影响,提高有利效应。有大量可供选择的适应性行动,可供全体居民、社区或者个人选用。 — 最重要和最经济的适应性措施是重建公共健康设施——在世界上许多地方,近几年来,公共健康设施已经减少。如果有足够的资金和公共健康资源,如培训、监视和紧急救护、预防和控制方案,许多由于气候变化可能会更加恶化的疾病和健康问题可能会得到有效的防治。 — 适应性措施的有效性将取决于时间,最初的防治目标是在事发前降低危险性,而第二步的“介入”则是为了防止在将来发生此类事件。 — 对气候相关胁迫的适应能力的决定性因素包括资源水平、管理的有效性及民政机构、公共健康设施的质量和原有的疾病情况。 — 适应能力也取决于对气候、气象、极端事件和传染性疾病之间关系的研究和认识。

7. 全球性问题及综合

7.1 气候变化影响的观测

*20世纪的观测结果表明,气候变化已经对多种物理和生物系统产生了影响。*这些与气候相联系的观测到的变化包括冰川的退缩、永冻层的解冻、冰冻期以及河流和湖泊解冻期的变化、北半球大多数中纬度和高纬度地区降水量和降水强度的增加、生长期的延长、树木花期提前、昆虫提早出现、鸟类提早产蛋等。已有资料表明,在全球所有的淡水、陆地和海洋环境中,区域性气候变化和所观察到的物理和生物系统的变化之间存在显著的统计相关性。[19.2]

由于多种影响因子的存在(如土地利用变化,污染),形成区域气候变化与许多观测到的影响之间的联系会面临难于分辨的复杂局面。尽管如此,研究发现,已经明确了的对区域气候变化敏感的系统,在处于典型的气候变化环境中时,大约有80%的生物事例和99%的物理事例,其气候和物理或生物过程的关系与已经确定了的关系相一致(如冰川能量平衡的变化;温度超过生物临界值后,动植物生存区域的变化)。表TS-16显示近450种生物过程和物种变化都同区域温度变化有关,图TS-11标识了已经研究报道的受区域温度变化影响的区域位置,这种一致性进一步表明,区域气候变化和已发生的物理和生物系统的变化是相联系的。根据观察到的变化,可以肯定地讲,20世纪的气候变化已经对许多物理和生物系统产生了可以察觉到的影响。20世纪所观测到的生态和物理系统的变化显示这些系统对气候变化十分敏感,尽管这种气候变化相对于预测的21世纪的气候变化要小的多。生物系统对长期气候变化的高度敏感性从史料中也得到了证实。[19.2.2]

区域气候变化对物理和生物系统的影响迹象要比对社会和经济系统的影响更加清晰、明了,因为社会和经济系统还同时受许多复杂的与气候无关的冲击,如人口

表 TS-15：地区的适应性和适应能力（第 10 章至第 17 章的主要研究结果）。

地区	*主要研究结果*
非洲	— 适应性措施将提高应变能力，并在水资源（灌溉和水资源再利用，水库和地下水资源管理，脱盐处理）、农业（作物改变、技术、灌溉、畜牧业）、林业（本地树种的再生，高效率节能灶具、可持续的群落管理措施等）等方面已经获得了净效益。 — 如果没有适应性措施，气候变化将通过改变生态系统、引起物种的迁移和灭绝而显著降低野生自然保护区的作用，这说明非洲生态系统和经济系统十分脆弱性。 — 国家间风险共担的办法将增强适应性对策，包括灾害管理、风险通告、紧急状态撤离、水资源的合作管理等。 — 大多数非洲国家对气候变化的适应能力极差，这主要是由于该地区普遍比较贫困、周期性的干旱、土地分布不均衡和对雨养农业的极大依赖，从而限制了其适应能力的提高。 — 为了增强适应能力，这要求当地的执政者在政策制定和气候适应性合作方面能够采用广泛的可持续发展策略。
亚洲	— 土地资源、水资源、粮食生产、灾害防备是需要优先考虑应用适应性措施的领域，特别是比较贫困和对资源依赖性大的亚洲国家。 — 为应对与气候变异相关的脆弱性，要求采取适应性措施的领域包括人体健康、海岸住宅区、基础设施和粮食安全。亚洲大多数地区应对气候变化的能力比较薄弱。在一些国家，灌溉技术的推广和应用将十分困难和昂贵。 — 对亚洲大多数发展中国家来说，气候变化仅仅是众多需要处理问题中的一个，如近期需要解决的问题包括饥荒、水供应和污染、能源等。能够用来适应气候变化的资源是有限的。适应性措施要同发展活动紧密相连，在适应性选择的评价时应考虑这些活动。 — 气候变化的早期迹象已经被发现，而且在未来 10～20 年将变得更加清楚。如果这时还不及时设计并实施适应性对策，要想避免出问题可能就太迟了。长期的适应性需要采取有预见性的行动。 — 地区和国家范围内应用广泛的预防措施减少灾害对经济和社会的影响非常有效，这些措施包括公众灾害意识的培养、保险的推广。 — 有效的适应性措施的形成需要地方的参与，包括社会团体理解及对资源持续管理过程中多重冲击的认可。 — 国家之间的适应性能力存在差异，适应能力的大小决定于社会的结构、文化、经济能力和环境破坏程度。限制因子包括资源贫乏、基础设施落后、贫困、收入不均、制度不健全和技术落后等。 — 亚洲在如何利用机会制定可持续发展的战略，使得对气候变化敏感的地区能够增强恢复力以适应气候变异方面面临挑战。 — 通过采用系统的研究方法，强调多个胁迫因子间的相互作用和减少对气候情景的依赖性，将可制定更好的适应战略。
澳大利亚和新西兰	— 需要需要适应性措施来管理由于气候变率和极端事件引发的风险。畜牧经济和社区被认为对气候变化具有一定的适应能力，但对于干旱频率的增加或干旱期的延长却是十分脆弱的。 — 适应性选择包括水资源管理、土地利用方式及政策、基础设施的工程标准和健康服务等。 — 当适应性措施同广泛的生态和社会环境相协调时，这种适应性措施是可行的，它将会产生净的社会和生态效益，而且会被利益相关者采用。 — 适应性措施可能会由于短期和长期的计划之间存在一定的冲突而受到限制。 — 贫困的社区包括许多土著居民，由于经常露天生活，缺少足够的房屋、医疗保健和其他适应性资源，对于与气候相关联的灾害和健康胁迫特别脆弱。
欧洲	— 由于强大的经济实力、稳定的人口（具有迁移能力）和完善的政治制度、技术支撑体系，社会经济系统的适应性潜力很大。 — 人类活动和自然环境对当前天气扰动的响应有助于确定未来气候变化下的临界敏感。 — 森林方面的适应要有长期计划，不太可能及时采用适应措施。 — 对农场的分析表明，如果充分地采用了适应性措施，有可能大大降低不利影响。

表 TS-15:(续)

地区	*主要研究结果*
	— 自然生态系统的适应性一般都较低。 — 许多边远贫困地区对气候变化的适应能力较低，因此，如果没有合适的应对政策，气候变化将导致更为严重的不公平。
拉丁美洲	— 适应性措施具有降低农林业与气候相关的损失的潜力。 — 通过水资源的管理能够提供一些机会来适应水资源短缺和洪涝等。 — 在渔业上采取的适应性措施包括改变捕捞品种和提高价格可以减少损失。
北美洲	— 气候和海平面的快速变化对社会和经济系统的冲击将拉动对适应性措施的需求。在某些情况下，适应性措施可能带来净效益，特别是在气候变化比较缓慢的情景下。 — 大多数领域的利益相关者相信存在有效的适应性技术，但是需要付出一定的社会和经济代价。 — 在农林业方面，适应性措施被认为是最可能成功的。然而，在水、健康、食品、能源和都市等方面的适应，还需要完善制度和基础设施。 — 在水资源方面，对季节性地表径流变化的适应包括贮存、联合供应管理和调水。继续保持当前这种非常可靠的供水或许不太可能，特别是调水用于高附加值的情况下。诸如“水市场”这样的适应性措施可能会引起对其可获得性的担忧以及配水优先权的冲突。 — 适应性措施，如堤坝常常能够成功地解决天气变化造成的水资源波动，但这也可能导致增加极端事件的脆弱性。 — 通过保护性项目实施的适应性措施，比如对受气候变化严重威胁的生态系统的保护，如苔原和湿地，一般具有中等程度的适应性潜力，但弥补对水生生态系统的不利影响就可能十分困难或者根本不可能。
极地	— 在极地，可以通过物种的迁移和改变物种的组成来适应气候变化。海象、海狮和极地熊可能受到气候变化的威胁，而另外一些物种（如一些鱼类）也许会因气候变化而兴旺起来。 — 由于沿袭传统的生活方式，土著社区对气候变化的适应潜力十分有限。 — 虽然资金的高投入可能导致维持原有生活方式的代价增加，但技术发达社区可能能够很好地适应气候变化。 — 适应性依赖于技术进步、制度安排、资金提供和信息交流等。
小岛国	— 对适应气候变化的要求与日俱增，即使全球减少未来温室气体排放的条约迅速实施。 — 大多数适应性措施将由这些小岛国的居民和团体进行实施，要实施这些适应性措施，需得到政府的支持。 — 需要在综合降低风险措施和其他行业的激励政策方面取得进展，比如持续发展计划、灾害预防和管理、海岸综合管理和健康保健计划。 — 海平面升高的适应性措施是后辙、适应和保护。向高地迁移、抬升地面和建造防洪堤等措施似乎没有实际应用价值，特别是在受到自然空间大小限制的情况下更是如此。 — 减少健康威胁程度的措施包括健康教育计划、健康保健设施、垃圾和固体废弃物的管理、灾害预防计划等。 — 岛上居民利用传统的知识、适宜本地的技术和习惯的方法，已经开发了一些适应气候变化的措施。但由于国家的物质、资金和技术的限制、人力资源技能的短缺、缺乏租地使用权保障、过度拥挤和建设用资源的限制，这些小岛国在总体上适应能力还比较低。 — 许多小岛需要外部资金、技术和其他方面的援助来提高适应能力。通过区域合作和有限资源共享，也许能提高小岛国对气候变化的适应能力。

增长和城市化。初步结果显示，20 世纪区域气候变化已经影响到部分社会和经济系统（例如在一些地区洪涝和干旱危害的加剧，也使相应的保险受到的影响增加）。对这些观测到的区域影响，无论是一致性的还是有其它的解释，在确定气候变化是否正在影响这些系统时，也仅仅是低或中等的可信度。[19.2.2.4]

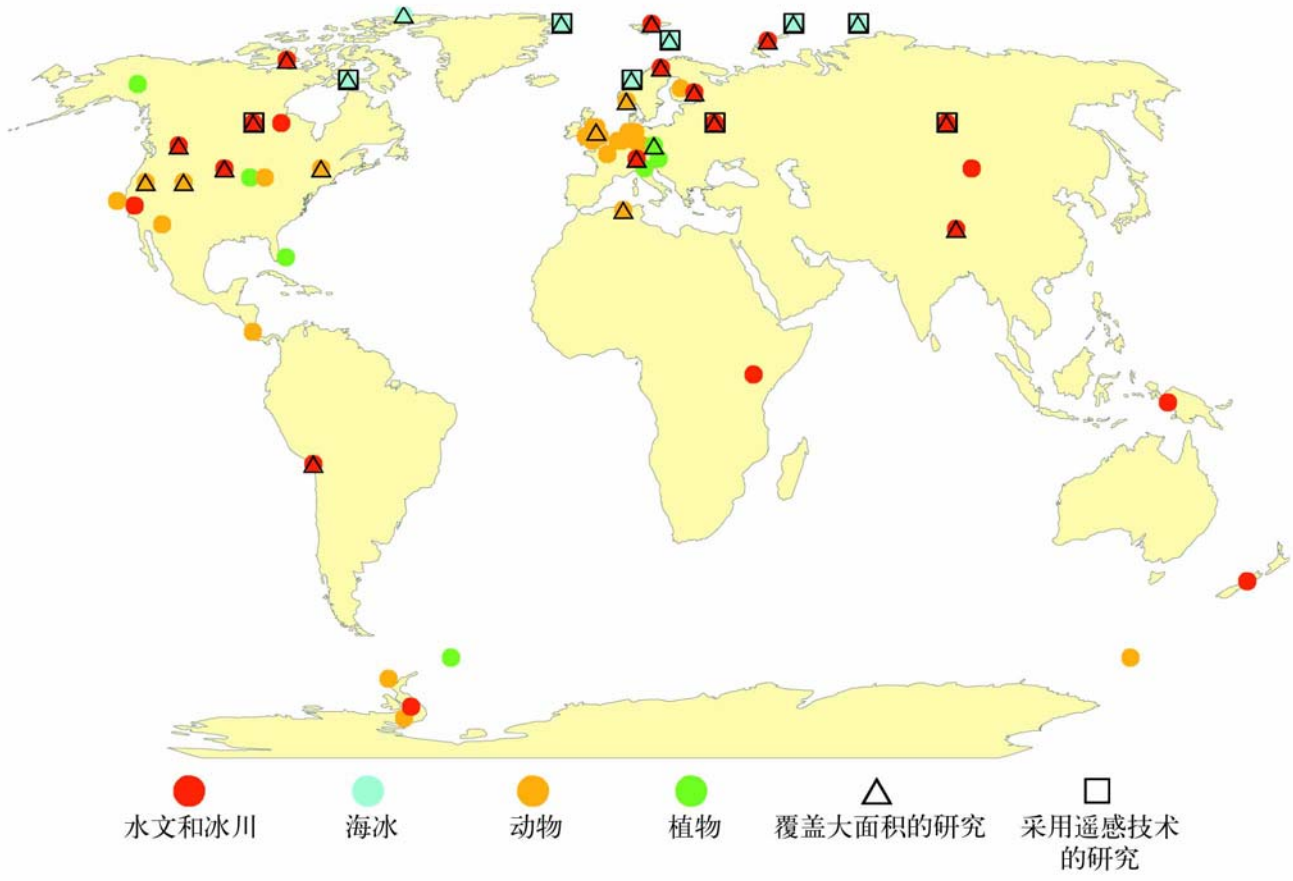


图 TS–11：满足严格标准的、研究气候变化对自然和生物系统影响的、系统的和长期的站点。水文、冰川退却和海冰数据代表10年至100年的趋势，陆地和海洋生态系统数据代表至少20年的趋势。遥感研究覆盖了大范围的区域，单一或多种影响的数据都与已知自然生物系统对观测到的与温度有关的变化的响应机制是一致的。所报告的影响覆盖很大的范围，图中只选择代表性站点。

7.2 关注气候变化的五个理由

对有关气候变化影响、脆弱性和适应性的一些现存知识进行综合，得出以下需关注气候变化的五方面的理由：独特并受到威胁的系统、全球总体影响、影响的分布、极端天气事件和大范围的异常事件。对方面的关注有利于理解人类引起的气候变化的脆弱性和潜在利益，这也有助于决策者仔细考虑，什么可能是构成对气候系统的人为干扰（UNFCCC的第二条内容）。没有哪一个单方面的影响会比其他方面的影响更重要。

图TS–12显示了与所关注的理由相关的气候变化作用的定性结果。在全球平均气温[3]小幅度升高的情况下，一些相关的理由显示潜在的不利影响，而另外显示一些不利影响或风险较小。在温度升高幅度较大的情景下，所有的证据都显示出潜在的不利影响，不利影响的大小则随着温度升高而增加。温度升高和受影响程度之间存在高度的一致性。但估算的温度变化阈值估计的可信度一般比较低。这种阈值将确定气候变化影响不同类型。[19.8]

7.2.1 独特的和受到威胁的系统

全球平均气温小幅度的升高可能会对一些系统和种类产生显著的、不可逆转的危害，包括物种在当地、区域

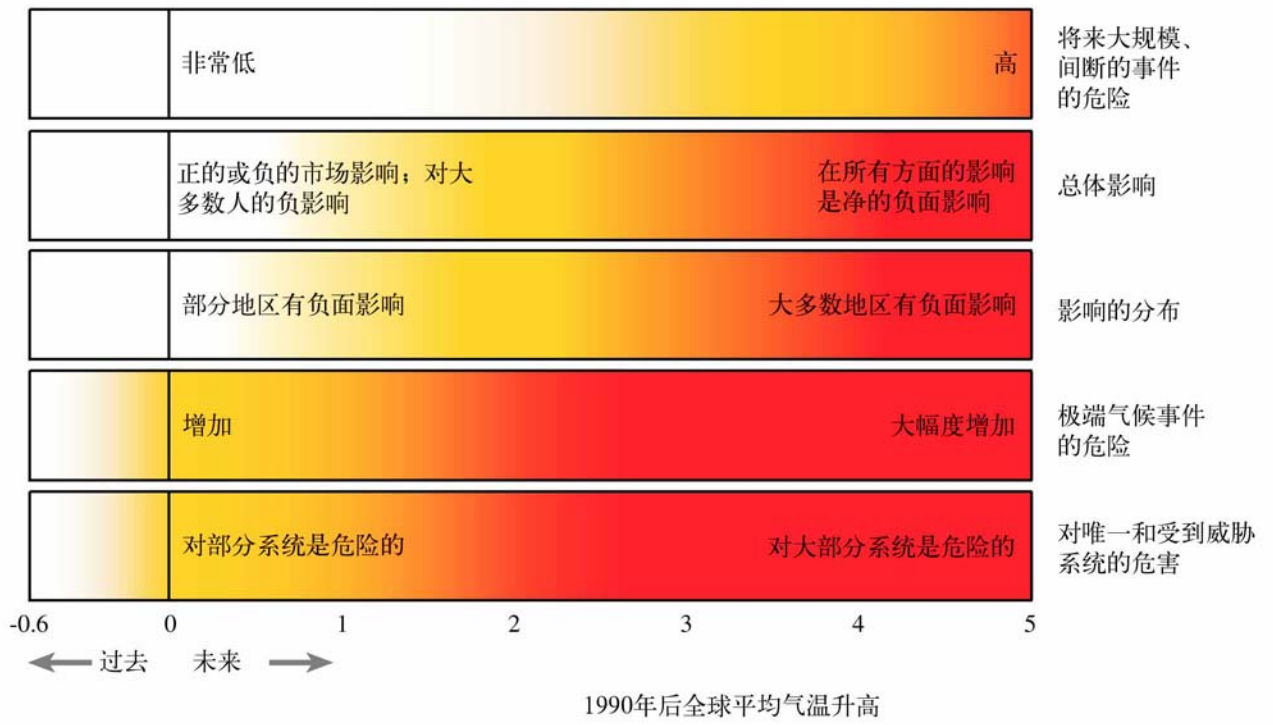
[3] 与1990年相比，全球平均温度的升高水平可划分为0–2，2–3和＞3℃的三个等级，并分别定为微度、中度和高度三个指标水平。由于已有文献足以证明1～2℃的气候变暖事实，因此“微度”指标水平涉及的温度范围较大。这些变化的强度应该作为何时可能产生影响的一个模糊指标；它们不是特意定义的绝对阈值，它们不能用来描述气候变化影响的各个方面，如气候变化速率及降雨变化、极端气候事件、海平面升高的滞后（潜在）效应等等。

表TS–16：研究发现与区域温度变化相关的过程和物种[a]。

地区	*冰川、雪的覆盖／融化、湖／河冰*[b]		*植被*		*无脊椎动物*		*两栖和爬行动物*		*鸟类*		*哺乳动物*	
非洲	1	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
南极洲	3	2	2	0	–	–	–	–	3	0	–	–
亚洲	14	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
澳洲	1	0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
欧洲	29	4	13	1	46	1	7	0	258	92	7	0
北美洲	36	4	32	11	–	–	–	–	17	4	3	0
拉丁美洲	3	0	–	–	–	–	22	0	15	0	–	–
合计	87	10	47	12	46	1	29	0	292	6	10	0

[a] 列中的数据表示各个地区物种数和变化，这些数据是在进行与区域温度变化相关的特定研究中获得的，为了完成该表，需要每一项显示物种或物种变化过程随时间的变化和区域温度随时间的变化。大多数研究都显示温度变化和物种变化之间具有显著相关性。第一个数表示在预测的全球增温的情况下物种或过程的数量；第二个数表示与预测全球温度升高相反情况下的物种或过程的变化数据。空白表示在该地区或者项目上没有进行研究。

[b] 没有包括海洋冰盖。



图TS–12：气候变化的影响或威胁，每一行表示一个关注的内容，相应的颜色表示影响和威胁的强度，白色表示没有影响和威胁，黄色表示有一定程度负面影响和较低的威胁；红色表示高强度的影响和威胁。20世纪全球平均气温上升了0.6℃，并带来一些影响，1990年后全球平均温度增加的影响被划分为多项，这些数字仅仅强调在全球平均温度升高达到阈值时，这些影响和威胁是如何变化的，而没有表示在不同气候变化速率下它们的影响和威胁是如何变化的。这些温度可以用来作为影响的大概指标，而不是绝对阈值。

和全球的消失。一些植物和动物物种、自然生态系统和人类聚居地居民对气候具有高度的敏感性。温度升高小于1℃的气候变化对它们的影响都是负面的。如果全球平均气温升高1～2℃，气候变化对物种和系统的负作用将更多并更严重，升温越高，影响越大。温度和其他气候因子变化的速率和量级越大，超过系统临界值的可能性也就越大。许多受到威胁的系统都处于一种危险状态，这种危险除来自气候变化外，还有其他非气候因素，如土地利用、土地利用变化和污染。[19.3]

*气温小幅度升高引起的气候变化，特别是在土地利用和土地覆盖变化的影响下，一些物种也许会遭受到在局地或全球灭绝的威胁。这些物种包括濒危物种、分布范围狭小和种群密度低的物种、对生存环境要求严格的物种、生境呈斑块状分布的物种。*小幅度气温变化影响的种类包括坦桑尼亚的森林鸟类、中美洲的Peplendent Quetzal非洲的山地大猩猩、在新热带密林特有的两栖类动物、安第斯山脉的眼睛熊、Sundarban湿地特有的孟加拉虎和其他种类、南非好望角植物区系特有的对降水敏感的植物种类。受到威胁的自然生态系统包括珊瑚礁、红树林和其他海岸湿地、200～300米以上山区的山地生态系统、草原湿地、残留的原始草地、冷水和冷水鱼类生境、永冻层上生态系统和为极地熊和企鹅提供生存环境的生态系统。中度到强度的变暖而引起气候和海平面的变化，可能对人类居住区产生极大的危害，这些居住区包括低海拔海岸地区、海岛、冲积平原和山坡的居住区——特别是社会经济系统脆弱的居住区，如游民和非正常居住区。另一类受到潜在威胁的聚居地包括那些高度依赖于对气候变化敏感的自然资源的传统居民。[19.3]

7.2.2 总体影响

*随着温度小幅度的升高，市场行业的总体影响可能会使世界GDP增加或者减少几个百分点（中等可信度）；对非市场行业的总体影响可能是负面的（低可信度）。*少量的净影响来源于发达经济体，其生产占了全球的主体，并且气候变化对其影响可能是正面的。考虑到公平性，对贫穷国家影响更大，这种影响即使在中等升温的情况下也是负的。在这种气候变化情景下，即使净经济影响是有利的，但大多数人受到的影响仍可能是负的。随着中等到大幅度的升温，从气候变化中获益将越来越少，而损失将随之增加，所以，气候变化对全球经济必然造成负面影响，而且随着温度的升高，负面影响也不断增加（中等可信度）。某些方面（如沿海地区和水资源），发展中国家和发达国家都可能受到气温升高的不利影响，而其他方面（如农业、人类卫生）在一些国家能够从气候变化中获得好处，而在另一些国家仍然受到损害。[19.5]

研究结果对许多假设都是敏感的，如地区气候变化、发展水平、适应能力、变化速度、影响评估、用于累加损失和受益的方法，包括折扣率选择。另外，这些研究并没有考虑一些潜在的重要因素，如极端事件的变化、对非气候驱动的极端事件的威胁的有利和补偿响应、区域气候迅速变化（来自洋流循环），多种胁迫的综合作用。因为不得不利用这些因素来解释总体影响的评估，但评估并没有包括所有类别的影响，特别是非市场影响，这说明气候变化对经济影响的总体评估的考虑是不完全的。考虑到对总体影响估计的不确定性，小幅度升温带来的负作用就可能被忽略。[19.5]

7.2.3 影响的分布

*相对而言，发展中国家更易受到气候变化的影响（高可信度）。发展中国家受到气候变化的负面影响可能比发达国家更严重（中等可信度）。*小幅度的温度升高，对许多发展中国家的市场会产生负面影响（中等可信度），而对发达国家可能产生正面影响（中等可信度）。这种差异部分地归结于位置和敏感性不同（例如，对农作物而言，在中、高纬度地区，当前温度低于其所需的最佳温度，而低纬度地区却高于农作物需要的最佳温度），这种差异还部分地归结于发展中国家比发达国家的适应能力弱。在中等幅度升温的情况下，正面效应将转变为负面效应，原负效应进一步加重（高可信度）。这些研究结果并没有完全考虑气候变化的非市场作用，例如对自然系统的影响，自然系统对小幅度升温可能都十分敏感。易受影响区包括三角洲地区、低海拔的小岛国和许多在没有气候变化情况下水源都不充足的干旱区，在这些地区和国家，气候变化可能加剧对贫困人口的不利影响。由于缺乏资源应对和适应气候变化，可以推断，社会最贫困的成员最易受气候变化的影响。但是还没有研究结果解释气候变化对贫困人口和社会其他人口影响的分布。[19.4]

在21世纪，随着时间推移，气候变化对非管理系统的影响将会加剧，而对管理系统的影响可能加剧也可能

减弱。在21世纪，气候变化影响的分布受到多个因素的影响。由于温室气体浓度的增加，气候变化的程度也将增加。随着人口增长及其对土地、水、基础设施和其他资源需求的增加，加剧自然和社会系统脆弱性的非气候压力也可能随时间而增加。增加的人口、收入和财富也意味着有更多的人和人造财富要面对气候变化的影响，其结果如按美元不变价算，将可能增加对市场行业的损害，历史上已经有这样的例子。抵消这种影响趋势的因素包括增加财富、提高技术、完善制度，这些可以增强对气候变化的适应能力和降低脆弱性。[8，19.4]

随着时间的推移，不管影响和脆弱性是增加还是减少，这种增加或减少可能部分地取决于气候变化和发展速度，而且对管理系统和非管理系统还存在差别。气候变化的速度越快，气候变化对未来的不利影响和超过系统承受临界值的可能性就越大。发展的速度越快，受到未来气候变化影响的资源也越多，当然未来社会的适应能力也越弱。相对于目前非管理的和轻度管理的系统，集约管理系统适应能力得到提高，效益将更显著。由于这个原因以及非气候因子在未来可能增加对自然系统的压力，自然系统的脆弱性将可能会随着时间的推移而逐渐增加（中等可信度）。[19.4.2，19.4.3]

未来发展道路如可持续发展或者其他，将勾画未来气候变化的脆弱性；气候变化的影响也可能影响到世界不同地方可持续发展的前景。气候变化是人类和自然生态系统面临的众多冲击因子之一，这些因子影响的严重程度部分取决于人类社会所走的发展道路。所确定的发展方向对人类和自然系统的不利影响越小，它就越有可能降低气候变化对人类和自然系统的脆弱性。通过聚集财富、完善技术、信息、技能、建立适当的基础设施、卓有成的效制度和合理公平性等都可以增强适应能力，这也可以影响到未来人类社会和自然系统的脆弱性。通过改变粮食和纤维的生产能力、水的质量和供应、人类健康状况、将资金和人力资源用于适应气候变化，这些都可能使得气候变化影响问题对可持续发展前景产生影响。[18]

7.2.4 极端天气事件

许多气候影响与极端天气事件相联系，气候变化的作用也同样如此。极端事件的潜在破坏力随着极端事件的强度、突发性和不可预测性的增大而增大，极端事件的这些特性使得要适应它们变得十分困难。一些发展模式可能更易于遭受极端事件影响，如沿海地区的大规模开发活动更易于遭受风暴潮和热带气旋袭击，从而增加系统的脆弱性。

许多极端气候事件发生的频率和强度会随着温度小幅度的升高而增加；当温度大幅度升高时，它们也将大幅度增加（高可信度）。极端事件主要包括洪水、土壤水分亏缺、热带气旋、高温和火灾等。极端事件影响通常作用于局地，可能强烈地影响到一些特殊行业和一些地区。极端事件的增加可能突破临界点或自然阈值，从而导致极端事件影响的规模迅速增加（高可信度）。多种连续发生的非极端事件也是一个难题，因为这种事件将耗尽保险和再保险公司的保险储备，从而降低适应能力。[8，19.6.3.1]

极端事件发生频率和强度的增加将给全球各行业和各地区带来不利影响。农业和水资源易于受到水文和极端温度变化的影响；沿海地区的基础设施和生态系统会受到热带气旋和风暴潮频率增加的不利影响；随着温度升高，与炎热相关的生物死亡率将增加，而与寒冷有关的生物死亡率将会下降；洪水可能导致与水有关的传染病、寄生虫疾病的传播和流行，在许多发展中国家尤其如此。极端事件对金融业的危害影响到各种金融机构，从保险公司、再保险公司到投资公司、银行和灾害救济基金都将受到影响。极端事件统计结果的变化，意味着一些工程设计标准需要修订（如大坝、桥梁、建筑设计和分区制等的标准制定），这种修订将根据预计的回收期、经济运行评估和一些受天气影响的特殊企业的生存能力来制定。[19.6.3.1]

7.2.5 大范围的异常事件

人类活动引起的气候变化具有潜在触发地球系统发生潜在大规模变化的可能，这将可能在区域和全球范围内造成极其严重的后果。虽然目前对这种触发作用的可能性不太了解，但决不应该忽视这个问题，否则将造成严重的后果。可能被触发的极端事件包括北大西洋和南极深水循环的完全或部分停止、南极西部冰盖和格陵兰冰盖的分离、生物圈碳循环的紊乱。由于这些事件是受到气候系统各部分之间的复杂作用而触发的，因而很难确定这些大规模的、非连续事件发生的时间和概率。实

际的非连续事件的影响可能要滞后于触发因子几十甚至上百年。这些触发因子对气候变化的速率和尺度是敏感的。大幅度温度升高可能使气候系统出现大范围的不连续气候事件（中等可信度）。

这些不连续气候事件在地区和全球范围都可能造成严重的后果，但目前仍十分缺乏关于其深层影响的分析。几个气候模型模拟结果显示，在温度大幅度升高后，北大西洋的洋流将完全停止。虽然完全停止可能要在几个世纪后才发生，区域性对流的停止和洋流的显著减弱在下个世纪就可能发生。一旦这一事件发生，北大西洋地区的气候将会迅速发生变化，并对该地区的社会和生态系统产生影响。南极西部冰盖的融化塌陷将会使全球海平面升高几米，要想适应这一变化将是十分困难的。虽然这一事件真正发生需要几百年的时间，但这个过程可能在下个世纪被触发并不可挽回。温度升高将使海洋和陆地生物圈碳循环的反馈机制紊乱。陆地生态系统的净碳储存能力将出现饱和并下降——下个世纪这一情况将会发生，这将可能导致正反馈比负反馈占优势，并极大地增强地球变暖的趋势。[9.6.3.2]

8. 信息需求

虽然在气候变化认识方面有一定的进展，但关于物理、生态和社会系统对气候变化的影响、敏感性、适应能力、脆弱性的理解还存在相当大的差距。要优先考虑在这方面取得的进展，以促进理解气候变化对社会系统和自然系统的潜在影响，并有助于做可能的决策分析。

*影响:*有必要采用先进方法研究气候和其他非气候因子在局部范围的影响，以改善对气候变化潜在影响的理解，包括区域差异和区域内哪些系统需要对影响采取适应措施。该领域的研究应利用系统敏感性、适应性和脆弱性的研究结果，这些结果可确定气候影响因子的类型以及影响系统的非气候胁迫因素。这项研究特别需要在发展中国家开展，因为许多发展中国家缺乏历史数据、完善的监测系统和研究开发能力。发展当地在环境评价和管理方面的能力将有利于提高投资的效益。极端气候事件的频率和强度、气候波动和地球系统大规模突发事件如温盐环流的减慢和停止等方面的调查研究方法是优先研究事项。还需开展工作包括进一步理解社会、经济因素是如何影响不同人群的。

敏感性：目前，自然和人类系统对气候因子量化敏感性的研究还十分缺乏。这些系统对气候变化的反应主要有：强非线性关系、不连续的或突发反应、时间变化反应以及同其他系统复杂的相互反应等。但是。对许多系统而言，系统反应的曲率、阈值和相互作用的量化研究工作还十分薄弱。当前需要开展的工作是建立和改进基于过程的自然、社会和经济系统的动态模型，估计系统对气候变化响应的模型参数，验证模型的模拟结果。这项工作应该包括应用可观察到的事实、能够利用的古代观察数据和系统长期监测数据，来运行和调试这些模型。为进一步调查研究获得理解系统对气候变化敏感性的经验数据，应优先考虑不断地探测观察到的气候变化影响。

适应性：在气候变化的适应措施和适应能力的研究方面已经取得了进展。目前的工作是要很好地理解将适应气候波动的经验应用于适应气候变化，并应用这种信息估算适应的成本有效性；建立在不确定情况下的适应措施的决策预测模型。还需要做的工作是理解适应能力的决定因素，并利用这种因素去进一步理解区域、国家和社会经济组织间适应能力的不同，以及适应能力是如何随时间变化而变化的。这方面的进展有助于确定提高适应能力的成功战略，这些策略能够作为减缓气候变化、实现可持续发展和公平的目标的补补充行动。

脆弱性：对气候变化脆弱性的评价大部分是定性的，并强调了脆弱性的来源和特点。为了提供气候变化潜在影响的更具体的、数量化的信息，并提供不同地区、国家和社会经济组织脆弱性的相对大小，未来的工作需要综合研究气候变化对系统的影响、敏感性及适应能力。同时也还要求发展对多种措施进行综合评估的指标或者是脆弱性指数，比如受到气候变化正面或负面影响的人口、物种、系统和土地面积的数量或者百分比、系统生产力的变化、经济福利变化的相对和绝对的货币价值、分配不公平的度量。

不确定性：改进和应用处理不确定性的方法还存在很多的不足，特别是为决策提供科学信息方面。需要改进“可能性”、“可信度”的表达方法，改进估算结果的不确定性范围的表达方法，以及改进这种估算方法使其能适合更大范围的不确定性。目前所用的通过分散信息估计总体影响的“追踪计算法”必须进行修正。还要进一步努力将目前的各种判断方法，转为在综合评估模型中用概率分布方法来表示。

气候变化 2001：

减缓

第三工作组摘要

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第三工作组报告

第三工作组报告技术摘要

此报告已为IPCC第三工作组接受，但未经详细批准。

第三工作组对政府间气候变化专业委员会第三次评估报告的部分贡献

目录

决策者摘要 293

技术摘要 305

1. 报告范围 306
1.1 背景 306
1.2 拓宽减缓气候变化的背景 306
1.3 各种分析角度的综合 307

2. 温室气体排放情景 308
2.1 情景 308
2.2 温室气体排放减缓情景 308
2.3 全球未来情景 309
2.4 排放情景特别报告 310
2.5 Post-SPES 减缓情景评估 311

3. 减排选择的技术和经济潜力 313
3.1 自第二次评估报告至2010-2020年温室气体减排技术选择的主要认识进展 313
3.2 能源利用及相关的温室气体排放趋势 314
3.3 部门减排技术选择 316
3.4 温室气体减排的技术和经济潜力综述 325

4. 增强、保持、管理生态碳库和生态工程选择的技术和经济潜力 326
4.1 陆地生态系统和土地管理的减排 326
4.2 社会和经济考虑 327
4.3 减缓选择 327
4.4 生态碳减排选择的标准 328
4.5 经济成本 328
4.6 海洋生态系统和生态工程 328

5. 技术转让中存在的障碍、机会和市场潜力 329
5.1 引言 329
5.2 障碍和机会的来源 329
5.3 特定的部门和技术障碍及机会 331

6. 政策、措施和手段 333
6.1 政策手段和评价它们的可能标准 333
6.2 国家政策、措施和手段 333
6.3 国际政策和措施 334
6.4 国家和国际政策手段的实施 335

7. 成本方法论 335
7.1 基本概念 335
7.2 分析方法 335
7.3 系统边界：项目、部门和宏观 336
7.4 有关发展中国家和经济转型国家的特别问题 337
7.5 成本评估的模型方法 338

8. 全球、区域、国家成本和附带效益 338
8.1 引言 338
8.2 详细技术模型中的温室气体减排的总成本 338
8.3 碳减排的国内政策成本 339
8.4 碳税的分配作用 340
8.5 国际排放贸易的相关方面 341
8.6 温室气体减排的附带效益 342
8.7 附件B国家采取的行动对非附件B国家的“溢出”效应 342
8.8 京都议定书目标的主要结果小结 344
8.9 实现不同稳定目标的成本 345
8.10 引发的技术变化 346

9. 减排的部门成本和附带效益 346
9.1 国家和部门减缓气候变化的成本差别 346
9.2 一些特定部门减缓气候变化的成本研究结果 347
9.3 温室气体减排的部门附带效益 349
9.4 减排对部门竞争的影响 349
9.5 为什么研究结果不同 349

10. 决策分析框架 350
10.1 气候变化决策分析的范围和新的发展 350
10.2 国际制度与政策选择 351
10.3 与国家和地区可持续发展选择的联系 351
10.4 与政策相关的主要科学问题 352

11. 认识差距 354

气候变化 2001：

减缓

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第三工作组报告

在 IPCC 第三工作组第六次会议（2001 年 2 月 28 日—3 月 3 日，加纳，阿克拉）上详细批准了本摘要。这是 IPCC 就气候变化减缓正式通过的声明。

根据下述作者提供的草稿：

Tariq Banuri, Terry Barker, Igor Bashmakov, Kornelis Blok, Daniel Bouille, Penate Christ, Orunlade Davidson, Jae Edmonds, Ken Gregory, Michael Grubb, Kirsten Halsnaes, Tom Heller, Jean-Charles Hourcade, Catrinus Jepma, Pekka Kauppi, Anil Markandya, Bert Metz, William Moomaw, Jose Poberto Moreira, Tsuneyuki Morita, Nebojsa Nakicenovic, Lynn Price, Pichard Pichels, John Pobinson, Hans Holger Pogner, Jayant Sathaye, Poger Sedjo, Priyaradshi Shukla, Leena Srivastava, Pob Swart, Ferenc Toth, John Weyant

引言

1．*本报告就减缓气候变化的科学、技术、环境、经济和社会方面进行评估。*在第二次评估报告出版后，减缓[1]气候变化的研究继续进行，并受到政治上的变动(如1997年签订的联合国气候变化框架公约(UNFCCC)《京都议定书》)的部分影响，本报告包括了这些研究进展。本报告还吸取了若干IPCC特别报告中的内容，它们是航空和全球大气特别报告，技术转让方法论和技术问题特别报告（SPTT），排放情景特别报告（SPES）和土地利用、土地利用变化和森林特别报告(SPLULUCF)。

减排温室气体的实质

2．*气候变化[2]问题具有独特的特点。*它是全球和长期（可长达几个世纪）问题，涉及气候、环境、经济、政治、体制、社会和技术领域复杂的相互作用。它会对更广泛的社会目标（如公平性和可持续发展）产生国际性和代际间的影响。响应气候变化的决策带有不确定性和风险，包括可能的非线性和／或不可逆变化。（见1.2.5，1.3，10.1.2，10.1.4，10.4.5）[3]

3．*不同的发展道路[4]会产生非常不同的温室气体排放。*排放情景特别报告以及本报告评估的减排情景说明减排行动的性质、程度、时间和成本取决于社会经济和技术发展道路，以及希望达到的大气中温室气体的浓度（见图SPM－1中CO_2总排放的例子）。低排放的发展道路取决于大范围的政策选择和除气候变化领域以外的主要政策的变化。（见2.2.3，2.3.2，2.4.4，2.5.1，2.5）

4．*减缓气候变化将受到更广泛的社会经济政策和趋势包括与发展，可持续性和公平有关的政策的影响，并对它们产生影响。*若与可持续发展的社会目标相一致，减缓气候变化的政策将促进可持续发展。一些减排政策将对气候变化以外领域产生很大效益：如减少健康问题；增加就业；减少环境负面影响（如大气污染）；保护和加强森林，土壤和水流域；减少增加温室气体排放的扭曲性补贴和税收；并引发技术进步和推广扩散以实现更广阔的可持续发展目标。同样，满足可持续发展目标的发展道路将产生更低的温室气体排放。（见1.3，1.4，2.2.3，2.4.4，2.5，7.2.2，8.2.4）

5．*国家间、区域间和代际间技术、自然和财政资源的不同分配和不同的减排成本是分析气候变化减排措施的关键考虑因素。*许多关于未来各国不同的减排要求和相关公平问题的争论也考虑了这些情况[5]。应对气候变化挑战提出了公平性这个重要问题，即气候变化和减排政策在什么程度上产生或加剧了国家内和国家间以及地区间的不平等。因此，所有稳定浓度情景（除了不采用新的气候政策也将达到稳定的情景，如B1）假设发达国家和其他经济转型国家将首先限制和减少温室气体的排放[6]。

6．*低排放情景要求采取不同的能源资源开发模式。*图SPM－2将SPES不同情景下1990年至2100年累积碳排放与全球化石燃料储量[7]和资源的含碳量作了一番比较。图中显示21世纪化石燃料资源丰富，以至于碳排放没有极限。但不同于相对较多的煤炭和非常规的石油和天然气储量，常规的石油和天然气探明储量或石油资

[1] 减缓定义为人为地减少温室气体源排放或增加汇。

[2] 在IPCC，*气候变化*指无论由自然变率或人类活动引起的气候随时间的任何变化。该术语与气候变化框架公约不同，在该公约中*气候变化*指由人类活动直接或间接引起的气候变化，该变化会改变全球大气成分，它不包括在响应的时段内观测到的自然气候变率。

[3] 指总报告中的章节。

[4] 在本报告中“不同的发展道路”指所有国家的社会价值、消费和生产模式产生的不同的可能情景，包括但不局限于延续当今趋势的情景。这些道路不包括另外的已实施的气候计划（不包括情景，不明确要求实施UNFCCC或实施京都议定书的排放目标），但包括其他间接影响温室气体排放政策的假设。

[5] 公平性有几种类型，包括基于分配、结果、过程、权利、义务、贫困和机会等，反映了对政策的公平性不同的期望值及结果。（见1.3，10.2）

[6] 所有地区的温室气体排放都偏离了基准线，当稳定目标更低或基准情景更高时，全球排放偏离将产生的更早。这些情景有不确定性，因为没有考虑公平性影响，以及如何实现它和它的成本。

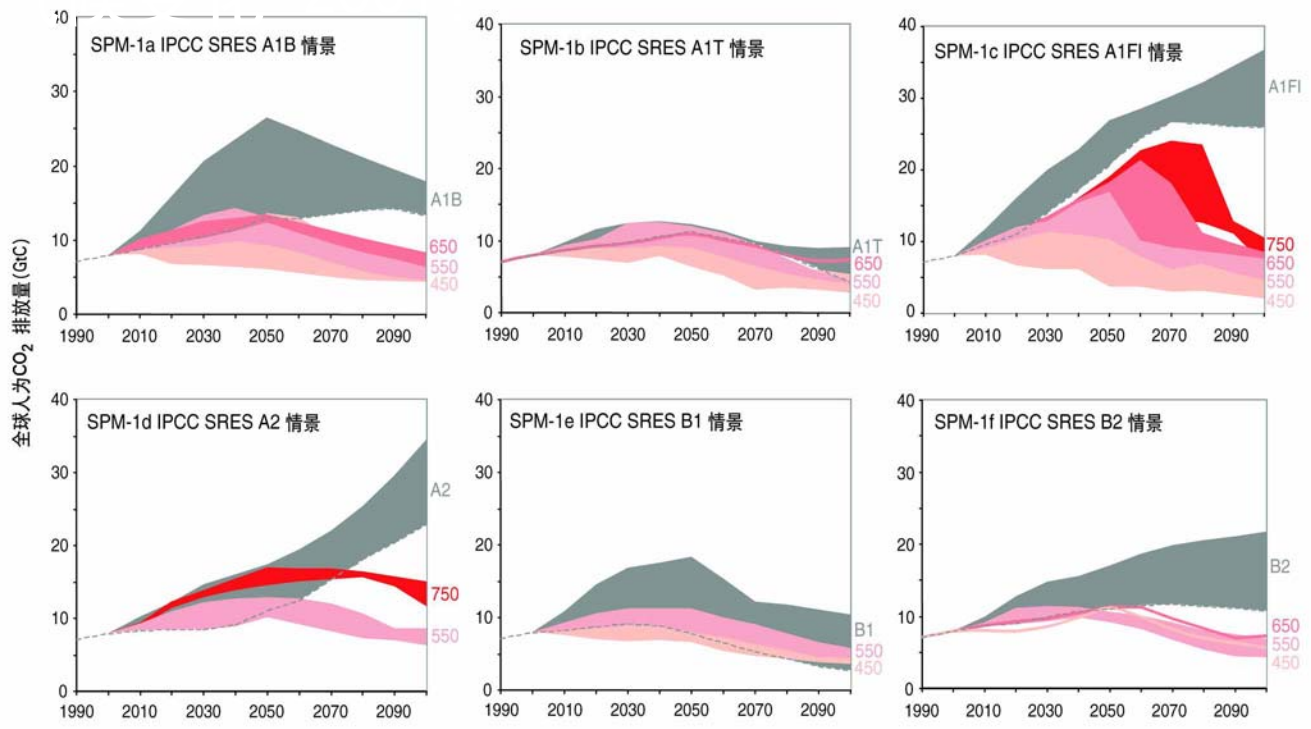


图 SPM–1：参考情景与稳定浓度情景之间的比较。此图分为 6 个部分，每一部分代表排放情景特别报告（SRES，见框 SPM–1）中的一组参考情景。每一部分表示的是 SRES 参考情景组下（灰色）和 TAR 中二氧化碳浓度稳定的减排情景下（其它颜色）的全球二氧化碳排放量（GtC）。A1 系列分为三个组（平衡的 A1B 组（图 SPM–1a）、非化石燃料 A1T 组（图 SPM–1b）及高比例的化石燃料 A1FI 组（图 SPM–1c），A1 系列相关的减排情景的二氧化碳浓度分别稳定在 450、550、650 和 750ppmv ；图 SPM–1d 中 A2 组的浓度分别稳定在 550 和 750 ppmv，图 SPM–1e 中 B1 组的浓度分别稳定在 450 和 550 ppmv，图 SPM–1f 中 B2 组的浓度分别稳定在 450、550 和 650 ppmv。报告没有稳定浓度为 1000ppmv 的情景。此图表明稳定浓度越低基准排放越高，则排放差距越大。高低情景间的排放差距有可能与同一情景组中参考情景和稳定情景间的排放差距一样大。虚线表示的是重叠范围的边界。

源量中的含碳量比将 450ppmv 或更高浓度（本文引用这个特定浓度水平并不表示人们一致同意要将温室气体浓度稳定在这个水平）的二氧化碳浓度稳定情景容许的累积碳排放量要少得多。这些资源数据暗示在21世纪能源结构将发生变化并将出现新的能源形式。能源结构改变及相应的投资将决定稳定温室气体的浓度水平和成本。目前这类投资绝大部分用来勘探和开发更多的常规和非常规化石资源。（见 2.5.1，2.5.2，3.8.3，8.4）

限制或减少温室气体排放以及增强碳汇的选择

7．*自 1995 年 SAR 以来，温室气体减排在技术上取得重要进展，并且比预期的速度快。*处于不同发展阶段的各种技术都取得了进展：例如风力发电机的市场导入，生产己二酸排放的 N_2O 和生产铝排放的氢氟碳化物的大量减少，高效的双燃料发动机汽车，燃料电池技术的进步和地下二氧化碳储藏示范。减排技术措施包括提高终端利用效率，节能技术，转向低碳和可再生生物质燃料，零排

[7] 这里的储量是指按照现有技术和价格，在经济上和技术上可以开采的蕴藏量。资源是指地理和/或经济特性不明确的、但在可预见的技术和经济发展条件下有开发潜力的蕴藏量。而资源底数包括储量和资源。除此之外，还有一个被称之为“附加资源”的额外资源量，它在可预见的未来无法确知蕴藏量，也/或者无法确知其经济意义或者没有经济意义。(SAR，第二工作组)。非传统化石燃料资源指焦油沙、页岩油、其他种类的粗石油、煤层甲烷等等。

框 SPM－1　IPCC 排放情景特别报告(SRES)中的排放情景

A1. A1 情景系列对全球未来的描述如下： 经济高速增长、全球人口高峰出现在本世纪中叶然后下降、快速引进新的和更高效的技术。最重要的假设是地区间趋同、能力建设和增加的不同文化和社会的相互渗透、各地区间人均收入的差距快速减小。根据能源系统内技术变化趋势的不同，A1 情景系列分为3个组：高比例化石燃料（A1FI），非化石能源（A1T），平衡的各种能源（A1B）（平衡的定义是不过分依赖某种特定能源，假设各种能源供应和终端技术都以相似的速度发展）。

A2. A2情景系列对全球未来的描述如下：巨大的地区间差异。最重要的假设是自力更生和保护地区的特性。地区间生育模式趋同的速度非常慢，这导致持续的人口增加。各地区的经济发展非常不一致，人均经济增长和技术进步都比其它情景系列慢。

B1. B1情景系列对全球未来的描述如下： 与A1情景系列相同的趋同世界，与A1具有相同的人口，人口高峰同样出现在本世纪中叶然后下降。但不同的是经济结构的快速变化，服务和信息经济的比重更高，材料强度降低，清洁和高效技术的引进。B1强调的是经济、社会和环境可持续性的全球解决方案，包括提高公平性，但不采取额外的减缓气候变化的措施。

B2. B2情景系列对全球未来的描述如下：强调经济、社会和环境可持续性的地区解决方案。全球人口将持续增长，但速度低于A2，适当的经济发展，比B1和A1慢但是更多样化的技术进步。B2也强调环境保护与社会公平，但其关注的焦点在地区层次上。

在每个情景系列中选了一个解释性的情景，分别是A1B，A1FI，A1T，A2，B1 和B2，这6个情景的合理性应该是相同的。

SPES 情景不包括额外的减缓气候变化的措施，这意味着无一情景执行了联合国气候变化框架公约或考虑了京都议定书中的排放目标。

放技术，改善能源管理，减少工艺过程排放，碳分离和储存。（见 3.1，4.7）

表SPM－1总结了很多行业研究的结果，大部分是项目、国家和区域级的，部分是全球级的，表中给出了2010年至2020 年间温室气体减排潜力的估算。关键发现如下：

- 数百项建筑，交通和制造业的终端能效技术和实践占总潜力的一半以上。（见 3.3，3.4，3.5）
- 至少到2020年，相对便宜和丰富的化石燃料的供应和转换将保持主导地位。在可得到经济输送的地方，伴随着提高转换效率和更多使用联合循环和／或热电联产厂，天然气将在减排上起重要作用。（见3.8.4）
- 通过林业、农业的副产品的生物质能，市政和工业废物用作能源，在有适合的土地和水资源的地方精心种植能源作物，土地填埋的甲烷，风能和水能，以及使用和延长核电厂寿命，低碳能源供应系统将做出重要贡献。2010年后，化石和／或生物质能电厂的碳排放将通过燃烧前或后的碳去除和储存大幅度减少排放。对环境、安全、可靠性以及核扩散的考虑将限制某些技术的使用。（见3.8.4）
- 农业部门，反刍动物、水稻田，氮肥使用和牲畜废物的甲烷和 N_2O 的排放可以减少。（见 3.6）
- 根据应用的情况，氟类气体的排放可以通过改变工艺过程，改进回收，再循环和储藏而被降低到最少，或通过采用其他化合物和技术而被避免。（见 3.5 和第三章附件）

综合表 SPM－1 中各部门的减排潜力，考虑了从一些研究所能得到的部门和技术潜力重叠的可用信息，给出全球的减排潜力的估计。一半的减排潜力可在2020年以直接效益（节能）大于直接成本（净资本，运行和维

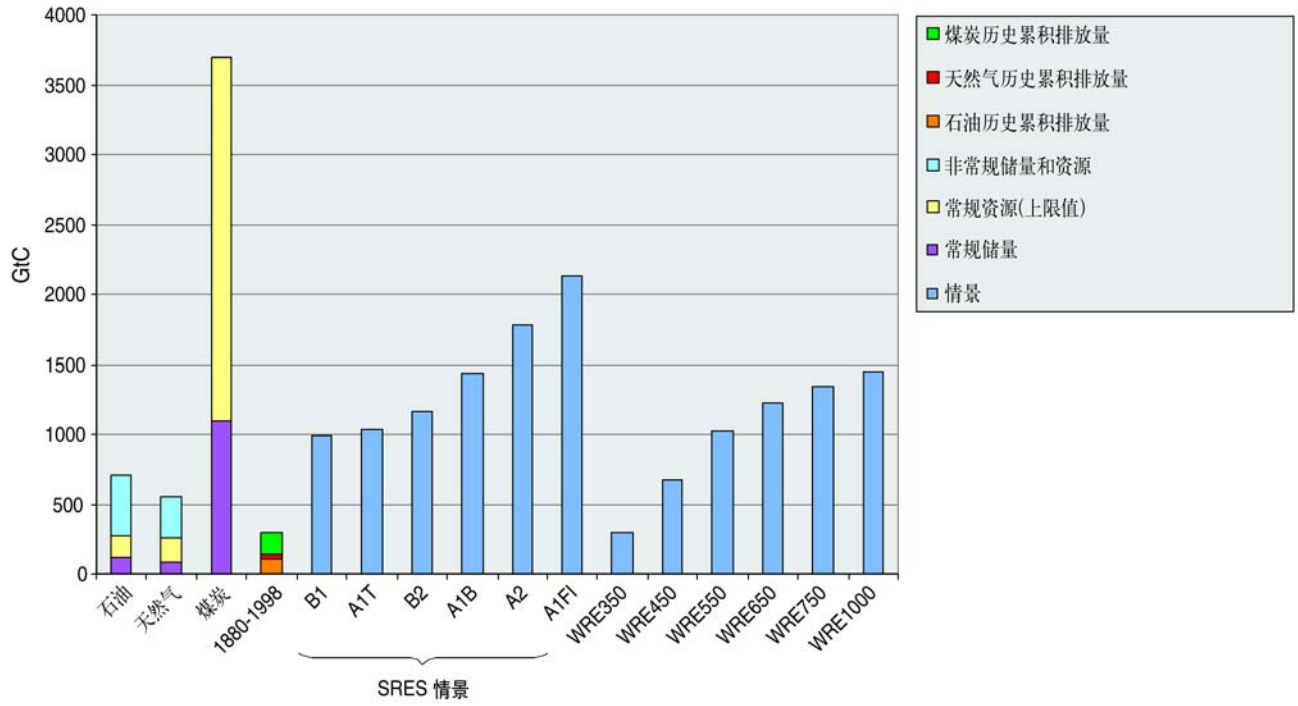


图 SPM–2：石油、天然气和煤炭储量与资源量中的碳、1860–1998 化石燃料排放的碳和一些 SRES 情景及 TAR 稳定情景中一直到 2100 年累积排放的碳之间的比较。左边的柱状表示的是资源和储量的数据（章节 3.8.2）。非传统油气包括沥青沙、油页岩、其它重油、煤层甲烷、深层高压气和含水层中的气体等，不包括约为 12，000GtC 的气体水化物（络合物）。情景柱状显示 SRES 参考情景与各二氧化碳浓度稳定情景均集中在一定范围内。如果 2100 年时 SRES 情景中的浓度等于或小于稳定情景中的浓度，这并不意味着这些情景将导致稳定的二氧化碳浓度。

护成本）来实现，另一半以直接成本最高至 100 美元／吨碳（1998 年价格）而实现。采用的贴现率为 5 – 12%，与公共部门的贴现率相当。私营部门的内部收益率差别很大，通常很高，影响了私营企业对这些技术的应用程度。

根据不同的情景，这能使全球排放以所述的净直接成本在 2010 – 2020 年时减少到 2000 年水平以下。实现这些减排包括附加的实施成本，在某些情况下将很高，需要政策支持（如第 18 段描述），增加研究与开发，有效的技术转让以及克服相关障碍（见第 17 段）。这些问题，以及没有包括在此估算的成本和效益将在第 11、12 和 13 段讨论。

本报告评估的各种各样的全球、区域、国家、部门以及项目级的研究所覆盖的范围和采用的假设各不相同。这些研究没有覆盖每个行业和地区。表 SPM–1 中列出的减排潜力变化范围反映了它们依据的这些研究的不确定性（见框 SPM–2）。（见 3.3 – 3.8）。

8．*森林，农业用地和其他陆地生态系统提供很大的减排潜力。尽管不必是永久的，保护森林和固碳将为进一步开发和实施其他措施提供时间。*可以通过三种策略进行生物减排：a)保护现有的碳库；b)扩大碳库来增加固碳；c)用可持续生产的生物产品，如用木材替代能源强度高的建材和用生物质替代能源（见 3.6，4.3）。如果能够有效防止碳泄漏，保护受到威胁的碳库将有助于减排，并且只有着手解决了导致毁林和损害碳库的社会经济动因，保护碳库才是可持续的。碳吸收反应了生物生长的动态过程，通常慢慢开始，到达顶峰后又进入几十年到几百年的衰退期。

表 SPM-1：2010年和2020年温室气体减排潜力估算（章节3.3–3.8和第3章附录）

部门	1990年排放量 (MtCeq/yr)	Ceq年平均增长率(%) 1990–1995	2010年减排潜力 (MtCeq/yr)	2020年减排潜力 (MtCeq/yr)	避免1吨碳排放的净直接成本
建筑[a] 仅涉及 CO_2	1650	1.0	700–750	1000– 1100	大多数减排能在负成本下实现
交通 仅涉及 CO_2	1080	2.4	100–300	300–700	大多数研究表明净成本小于 ¥25/tC，但有两个研究结果表明成本将超过 ¥50/tC
工业 仅涉及 CO_2 – 能源效率： – 原材料效率：	2300	0.4	 300–500 ～200	 700–900 ～600	 一半以上能在负成本下实现 成本不确定
工业 非 CO_2 气体	170		～100	～100	N_2O 减排成本为 ¥0–¥10/tCeq
农业[b] 仅涉及 CO_2 非 CO_2 气体	210 1250–2800	不可获得	150–300	350–750	大多数减排成本为 ¥0–100/tCeq，少数成本可能为负
废弃物[b] 仅涉及甲烷	240	1.0	～200	～200	从垃圾填埋回收75% 甲烷的成本为负，其它25%的成本为 ¥20/tCeq.
蒙特利尔协议书的替代 非 CO_2 气体	0	不可获得	～100	不可获得	约一半的减排是由于研究基线和SPES基线值的不同引起，另一半的减排成本在 ¥200/tCeq 以内
能源供应和转换[c] 仅涉及 CO_2	(1620)	1.5	50–150	350–700	存在有限的负成本减排；许多措施的减排成本小于 ¥100/tCeq
总计	6900–8400[d]		1900–2600[e]	3600–5050[e]	

[a] 包括电器、建筑物和附属物。

[b] 农业的大范围主要是由于存在于土壤 CO_2 和 N_2O 排放中的很大的甲烷不确定性引起的。废弃物主要是垃圾填埋排放的甲烷。其它由于化石燃料燃烧而排放二氧化碳部门的估算可以更为准确。

[c] 包含在以上的部门数据中。减排仅包括电力生产措施（燃料向气体／核能转变、 CO_2 收集和储存、提高发电效率和利用可再生能源）。

[d] 包括第3章中的所有部门。不包括非能源排放源的 CO_2 排放（水泥生产：160MtC；燃气火炬：60MtC；土地利用变化：600–1400MtC）和终端用户能源转换的 CO_2 排放（630MtC）。如果加上炼油和焦炉气排放的 CO_2，1990年全球 CO_2 排放量（7100MtC）将增加12%。需要注意的是没有包括林业排放和碳汇减排措施。

[e] SPES 基准情景（包括京都议定书中的6种气体)预测的2010年和2020年的排放范围分别为11,500–14,000 MtCeq 和12,000–16,000 MtCeq。减排量预测结果与SPES–B2情景中的基准排放趋势一致。潜力的减少考虑了资本存量的常规周转。它们不局限于成本效益措施，但不包括成本为100 ¥/tCeq 以上的措施（不包括蒙特利尔协议中的气体）或一般政策下不可能采用的措施。

森林保护和碳吸收将产生更多的碳储存，如果这些生态系统被自然或人为地严重干扰，将产生更高的碳排放。虽然自然干扰之后通常产生重新固碳，但管理这些干扰将对限制碳排放起到重要作用。替代产生的好处原

则上是无限延伸的。对农作物、木材和可持续生物能源产品的生产用地进行合理管理将为减缓气候变化带来更多的效益。考虑到土地使用的竞争问题和SAP和SPLULUCF的评估，生物减排选择的全球潜力截止2050年达到100GT碳的数量级（累积量），虽然这有很大不确定性，相当于同一时期化石燃料潜在排放量的10−20%。实现这一潜力取决于土地和水资源的可获得性，以及采用不同土地管理方法的程度。生物碳减排潜力最大的地区是热带和亚热带，迄今报告的有关生物减排选择的成本估算变化很大，成本在热带国家从0.1美元／吨碳到20美元／吨碳，在非热带国家20−100美元／吨碳不等。财务分析和碳计算方法也不可比。另外，许多时候，成本计算不包括基础设施的成本，合适的贴现，监测、数据收集和实施成本，土地的机会成本和维护或其它经常性成本，这些成本常常是或被排除在外或被忽略。在成本范围低的一端被认为带有低估的趋向，随着时间推移，对成本的了解和处理正在改善。若合理实施，除了减少大气中CO_2，这些生物减排选择通常会产生社会、经济和环境效益（例如，增加生物多样性，流域保护，加强可持续土地管理和农村就业）。它们还可能减少或增加非二氧化碳气体的排放。（见4.3，4.4）

框SPM−2　估算成本和效益的方法及其不确定性

由于很多因素，定量估算减排措施的成本和效益存在很大差异和不确定性。SAP评估了两种估算方法：自底向上法，即第7段中描述的对每个行业和技术进行评估，由上至下法，即第13段描述的宏观经济研究。两种方法的估算结果不同，但自SAP以来，差距正在缩小。即使消除差距，也还存在不确定性。可以通过在任一既定假设条件下检验单一因素的变化引起减排成本的变动来评估不确定性的影响，前提是这些变量之间的相互关系得到恰当的处理。

9．*走向低排放的道路很多，每个国家和地区应选择自己的道路。模型结果表明已知的技术措施*[8]*，足以实现相当大范围内的大气中CO_2浓度稳定目标，如550ppmv，450ppmv或更低的浓度稳定目标，但其实施需要与相关的社会经济以及体制的改变相结合。*为了达到这些稳定目标，情景建议GDP单位碳排放必须在1990年水平上大幅度降低。在本报告评估的每一个稳定浓度情景中，技术进步和转让都起到了关键作用。对于关键的能源部门来说，几乎所有温室气体减排和稳定浓度的情景都以引入高效的能源利用和供应技术，以及使用低碳能源为特点。但没有一种技术能满足所有的减排需求。非能源排放源和非二氧化碳温室气体提供了重大的减排潜力。国家间和地区间的技术转让将扩大区域的选择范围，而且规模经济和学习曲线将降低采取措施的成本。（见2.3.2，2.4，2.5）

*10．社会认识、创新和体制结构改变将为减缓气候变化做出贡献。*集体规则和个人行为的改变对温室气体排放将产生重要影响，但离不开复杂的体制和法规环境。一些研究认为当前的激励体系通常鼓励资源密集的生产和消费模式，这种模式增加所有部门（例如交通和住房）的排放。在短期内，引入社会创新有改变个人和组织行为的可能性。从长远看，社会创新与技术进步相结合可以加强社会和经济潜力，特别当人们的喜好和文化准则转向低排放的和可持续的行为时。这些创新会遇到阻力，可以通过在决策中增加公众参与来解决。这将为人们实现可持续发展和社会公平增加新的途径。（见1.4.3，5.3.8，10.3.2，10.3.4）

[8] “已知技术措施”指正在运行或中试的技术，与本报告讨论的减排情景中的含义相同。它不包括需要显著技术突破的新技术。因此，考虑到情景的时间范围为下个一百年甚至更长，这个结论可能是较保守的估计。

减排行动的成本和附带效益[9]

11．*对减排行动的成本和效益的估算各有不同，原因是：（1）我们如何衡量福利不同；（2）分析的方法和范围不同；以及（3）分析所用的主要假设不同。因此估算的减排措施的成本和效益可能不能真实反映减排行动的实际成本。*关于（1）和（2），估算成本和效益涉及到税收收入返还，以及如何考虑实施和交易成本、影响分布、多种气体、土地利用选择、避免气候变化带来的效益、附带效益、无悔机会[10]、外部成本以及非市场影响等问题。估算过程包括以下假设：

- 人口变化，经济增长的速度和结构；人口的流动性增加；技术革新包括提高能效和获得低成本能源；资本投资和劳动力市场的灵活性，无政策（基准线）情景中的财政和价格扭曲。
- 减排目标和时间。
- 有关执行措施的假设，如排放贸易的范围，清洁发展机制（CDM）和联合履行（JI），法规以及自愿协议[11]，和实施这些机制的交易成本。
- 贴现率：因为时间跨度大，使假设的贴现率变得非常关键，对合适的长期贴现率没有共识，但文献显示越来越多的人在考虑采用随时间逐步下降的贴现率，随着时间的推移降低贴现率从而赋予远期发生的效益更大的权重。它应区别于市场交易中私人采用的更高的贴现率。（见7.2，7.3，8.2.1，8.2.2，9.4）

12．*减排政策可以利用以下的无悔机会，将一些温室气体排放源的净减排社会成本降低到零或负数*（见7.3.4，9.2.1）：

- *市场失灵。*减少市场或体制失灵和其他阻碍经济有效的减排措施的障碍，将降低私人成本。
- *附带效益。*减少温室气体排放的措施将对其他社会问题产生影响。例如，在某些国家减少温室气体的排放将同时减少地区的和区域的大气污染。还将对交通，农业，土地利用方式，废物管理和其他社会关注的问题产生影响，如就业和能源安全。但是，不是所有的影响都是正面的。谨慎的政策选择和设计将保证正效益并减少负效益。在某些情况下，减排措施产生的附带效益可以与减排措施的成本相比，因而增加了无悔措施的潜力。当然效益估算很困难并且偏差也很大。（见7.3.3，8.2.4，9.2.2－9.2.8，9.2.10）
- *双重红利。*有某些手段可以增加政府收入（如税收或拍卖排放许可证）。如果将此收入用来降低现在的扭曲性税收，这些收入将减少温室气体减排成本。这种抵消的程度取决于现在的税收结构、减税的类型、劳动市场条件和税收返还的方式。某些情况下，减排的经济效益超过了减排成本。（见7.3.3，8.2.2，9.2.1）

13．*正如第11段所叙述的一样，不同研究之间以及不同地区之间附件B国家实施《京都议定书》的成本各不相同，主要取决于《京都议定书》灵活机制的使用以及它们与国内措施相互作用的假设。*绝大多数的全球范围研究利用国际能源经济模型来分析和比较这些成本，其中有9个研究得出对GDP的影响[12]如下（见7.3.5，8.3.1，9.2.3，10.4.4）：

附件二国家[13]：在没有附件B国家排放贸易的情况下，大多数研究预测在不同的附件二地区，2010年GDP总损失大约为0.2–2%。实行附件B国家[14]完全排放贸易，

[9] 附带效益指针对减缓气候变化的政策产生的连带的或副效益。这些政策不仅会影响温室气体排放，还会对资源利用效率产生影响，如减少与化石燃料使用有关的地方和地区性污染物排放，还会影响到交通、农业、土地利用方式、就业、燃料安全等问题。有时称之为“附带影响”，以反映在某些情况下出现的负效益。

[10] 与SAP中一致，无悔机会指可以减少能源成本，减少地方/区域污染，效益等于或大于社会成本的措施，不包括避免气候变化带来的好处。

[11] 自愿协议指政府部门与一个或多个私人团体达成的协议，或被公共部门认可的单边承诺，以实现超出法规规定以外的环保目标或改进环保性能。

[12] 还有许多研究更详细精确地考虑了各种不同的政策，成本估算结果范围更大（见8.2.2）。

[13] 附件二国家：UNFCCC附件二中列举的国家，包括OECD组织中的全部发达国家。

[14] 附件B国家指京都议定书中附件B包括的国家，它们已经同意温室气体排放目标，包括除土耳其和白俄罗斯的所有附件1国家（1998年修正）。

预测2010年GDP损失为0.1–1.1%[15]。这些研究包括了在第11段中列出的广泛的假设。本段介绍的模型结果采用的假设是全部实行排放贸易，没有交易成本。模型也没有包括汇或其他非CO_2温室气体。没有附件B排放贸易的情景假设各个地区内部完全使用国内排放贸易。没有包括CDM、负成本措施、附带效益或有目的的税收返还。对于所有地区，还有以下因素可以影响成本：

- 限制附件B排放贸易的使用，实施这些机制产生的高额交易成本，以及低效的国内行动都将提高成本。
- 包括第12段中提出的包括无悔机会[10]的政策和措施，执行CDM，碳汇，非二氧化碳气体都会减少成本。每个国家各自的成本差别会更大。

模型显示京都议定书机制对控制一些国家可能产生的高额成本风险起重要作用，因此可以补充国内机制。同样，它们可以减小不公平的国际影响并平衡边际成本。全球研究表明，在没有贸易的情况下，执行京都目标的成本从20美元／吨碳到，600美元／吨碳，在附件B国家排放贸易的情况下，成本从15美元／吨碳到150美元／吨碳。这些机制能够降低多少成本取决于实施的细节，国内机制与国外机制的互补，约束及交易成本。

*经济转型国家：对于绝大多数这类国家，对GDP的影响从忽略不计到增加几个百分点不等。*这表明经济转型国家拥有附件二国家所没有的提高能效的机会。假设能源效率大幅度提高和／或一些国家经济继续衰退，第一个承诺期的分配数量将超过预期排放。这样，模型显示由于对分配数量进行排放贸易获得收入，GDP将增长。但是对某些转型国家来说，实施京都议定书会产生与附件二国家相似的影响。

14．*百年尺度的成本有效性研究估算，将大气中CO_2浓度稳定在越低水平，成本越高。基线不同将对绝对成本产生强烈影响。*将大气中CO_2浓度750ppmv降低到550 ppmv，成本的增加是中度的，从550降低到450ppmv时，成本增加的幅度很大，除非基线情景很低。这些结果没有考虑碳汇，非CO_2气体以及更高的稳定目标对技术进步的诱发作用[16]。每个稳定浓度目标对应的成本取决于很多因素，包括贴现率，减排额随时间的分配，采用的政策和措施，特别是对基线情景的选择。以地方和区域的可持续发展为重点的情景，所需要的达到特定浓度稳定水平的成本比其他情景[17]低很多。（2.5.2，8.4.1，10.4.6）

15．*任何一种温室气体减排措施的经济成本和效益在各部门间的分布是很不平均的；可以通过合适的政策在不同程度上降低减排成本。*一般来说，蒙受损失者相对于获利者而言，他们的经济成本遭受的损失更加立竿见影、集中、且必然。采取减排政策，煤炭、可能还有石油和天然气及某些能源强度高的部门，如钢铁生产将极可能遭受经济损失。而其他产业，包括可再生能源产业和服务业将通过价格变化和获得本来会投向碳强度高的部门更多的资金和资源而长期受益。取消化石燃料补贴等政策将通过经济效率的提高从而增加社会整体效益，应用《京都议定书》机制将减少实现附件B目标的经济成本。其他类型政策，例如减免碳强度高的产业税收，将重新分配成本，同时会增加社会总成本。大多数研究表明，碳税将对低收入人群产生负面的收入影响，除非用税收收入进行直接或间接地补偿。（见9.2.1）

16．*已经很好地建立了附件一国家的减排约束，尽管可能会对非附件一国家产生溢出效应*[18]。（见8.3.2，9.3）

[15] 可以用很多表格显示成本。例如，如果附件B内实行贸易，发达国家执行京都议定书的年度成本为GDP的0.5%，这意味着每年1250亿美元，或者到2010年OECD国家每人花125美元，（情景特别报告中的假设）。它对经济发展速度的影响是10年内每年减少0.1%。

[16] 引发的技术进步是一个新近兴起的讨论领域。TAP所评估的那些研究百年时间跨度的CO_2浓度与成本之间关系的文献没有一个论及过引发的技术进步。有些研究引发的技术进步的模型表明，在相似的GDP增长率但不同的政策体制条件下，百年时间跨度的浓度将不同（见8.4.1.4）。

[17] 见图SPM–1，在达到给定稳定浓度的目标时，基准情景对需要采取的减排措施的影响。

[18] 溢出效应只考虑经济影响，没有考虑环境影响。

- *非附件一石油出口国家：分析表明产生的成本不同，包括预期的GDP将降低，预期的石油收入减少*[19]。有一个研究结果说明，2010年，在没有排放贸易的情况下，GDP最低损失为0.2%，有附件B排放贸易时GDP损失为0.05%[20]。2010年，在没有排放贸易的情况下，研究结果中石油收入损失最高的为25%，有附件B排放贸易时，石油收入损失最高为13%。这些研究没有考虑附件B国家排放贸易以外的政策和措施[21]可以减少对非附件一石油出口国的影响，因此估算结果可能夸大了这些国家的石油成本和总成本。非附件一石油出口国家通过取消化石燃料补贴，根据碳含量调整能源税收，增加天然气的使用以及经济多元化，都将进一步减弱这些国家所受到的影响。
- *其他非附件一国家：它们还可能由于OCED国家对高碳产品进口需求的减少，需继续进口的高碳产品价格的提高而受到不利影响。这些国家将从燃料价格降低，增加高碳产品的出口和转让环境友好技术和诀窍中受益。*一个国家的净平衡取决于哪些因素起主要作用。这些复杂性使我们不能确定赢家和输家。
- *碳泄漏*[22]*：碳强度高的产业可能会转移到非附件一国家，并且由于价格变化对贸易流动产生的更广泛影响将导致5–20%的碳泄漏*（见8.3，2.2）。已实行的减免高能耗产业税收的做法和其他因素将不太可能造成更高的碳泄漏，但会增加总成本。但模型未予考虑的技术转移（环境友好技术和技术诀窍的转让）有可能能够减少碳泄漏并在长期内抵消泄漏。

[19] 六个研究的详细内容见表9.4。

[20] 这些估算的成本以2000－2010年的GDP增长率的差表示。没有排放贸易情况下，每年GDP增长率减少0.02%。附件B排放贸易情况下，每年GDP增长率减少0.005%。

[21] 这些政策和措施包括：非CO2气体和非能源排放源的其他所有气体；汇的抵消；产业调整（如能源生产向能源服务转变）；利用OPEC的市场力量；以及投资（附件B国家），保险和技术转让。另外，这些研究通常没有考虑以下可以减少总成本的政策和措施：税收返还或支持其他减排措施；减少化石燃料使用产生的环境附带效益；减排政策引发的技术进步。

[22] 碳泄漏是指由于附件B国家实施减排造成非附件B国家排放的增加，以占附件B国家减排量的百分比表示。

减排的途径与方式

17．*成功实施温室气体减排措施需要克服许多技术、经济、政治、文化、社会、行为和／或体制上的障碍，它们阻碍了实施减排措施带来的技术、经济和社会机遇。*各区域和部门存在的潜在减排机会和障碍类型各不相同，并随时间变化，这是减排能力不同造成的。在任何国家穷人采用技术或改变他们的社会行为的机会有限，特别是他们不属于现金经济的情况下，并且绝大多数国家可以从创新的财政和体制改革以及消除贸易障碍中受益。在工业化国家，未来的机会主要来自于消除社会和行为障碍。对于经济转型国家，机会源于价格合理化。在发展中国家，机会源于价格合理化，获得数据和信息，先进技术的可获得性，财政资源，培训和能力建设。对于任何国家来说，消除任何一组障碍都将带来机会。（见1.5，5.3，5.4）

18．*如果采取一揽子政策手段限制或减少温室气体排放，将使国家对气候变化的响应更为有效。*一揽子气候政策手段可以包括（视国情而定）：实行排放税／碳税／能源税，可交易或不可交易排放许可证，补贴，押金／退款制度，技术或性能标准，产品禁令，自愿协议，政府支出和投资，以及支持研究和开发。各国政府将采用不同的评估标准，这将导致不同的措施组合。文献一般没有特别偏好那种政策手段。在许多情况下，市场手段会经济有效，特别是在对其建立了管理能力的地方。能效标准和性能规定已被广泛采用，有时优先于市场手段。近期以来，自愿协议被更频繁使用，有时超过了采用严格措施。人们也越来越强调通过信息运动、环保标志以及绿色市场的单独使用或者与激励性补贴结合使用，来教育和影响消费者或生产者的行为。由政府或私营部门支持的研究和开发很重要，这将推动减排技术的长期应用和转让。（见6.2）

19．*将气候变化政策与国家和部门的非气候目标政策整合在一起，并转化成内容更广泛的渐进式战略，以便实现可持续发展和减缓气候变化所必须的长期社会经济变革，可以使减排变得更加有效。*如同气候政策将产生提高人民生活水平的附带效益一样，非气候政策也会产生气候效益。有可能通过将气候目标纳入一般社会经济政策而大量减少温室气体排放。在许多国家，能源系

统的碳强度还取决于能源基础设施开发、价格和税收政策这些更广泛的规划。采用先进环境友好技术可以为实现环境友好发展提供机会，并同时避免温室气体强度高的活动。应特别注意促进向中小型企业转让技术。另外，在国家综合发展战略中考虑附带效益将减少气候行动的政治和体制障碍。(见2.2.3，2.4.4，2.4.5，2.5.1，2.5.2，10.3.2，10.3.4)

20．*国家间和部门间的协调行动有利于降低减排成本、解决竞争问题、减少与国际贸易规则的潜在冲突及碳泄漏问题。一组想限制其总体温室气体排放的国家将同意执行经过精心设计的国际措施。*《京都议定书》中规定的措施和本报告中评估的措施包括：排放贸易、联合履行（JI）、清洁发展机制（CDM）；本报告中评估的其他国际措施包括：协调的或和谐的排放税／碳税／能源税、单一的排放税／碳税／能源税、技术和产品标准、行业的自愿协议、资金和技术的直接转移、共同酝酿削减化石燃料补贴的实施环境。但是到目前为止，仅有某些地区考虑实施部分的这些措施。(见6.3，6.4.2，10.2.7，10.2.8)

21．*气候变化政策制定本质上是带有很多不确定性的、与时俱进的渐进过程。*文献建议谨慎的风险管理战略需要仔细考虑结果（包括环境和经济结果）、可能带来的风险和社会对风险的态度。不同的国家甚至不同年代的人对风险的态度是不一样的。因此本报告再次确认了SAP的研究结论，即有关气候变化进程、影响及社会响应的更多更好的信息一般都是非常有价值的。在稳定目标依然处于讨论之中时有可能不得不作出近期的气候变化决策。文献建议应逐步来达到稳定温室气体浓度的目标。这也将涉及如何减少行动过火和行动不足带来的风险。相关的问题不是“什么是未来100年内最好的道路”，而是“在气候变化具有长期性和不确定性的情况下什么是近期最好的道路”。(见 10.4.3)

22．*本报告证实了SAP的结论，即早期的减缓行动，包括一揽子的减排措施、技术开发以及减少科学认识的不确定性等等，能够增强人们为稳定大气中温室气体浓度的行动的灵活性。最佳的减缓措施组合随时空的变化而变化。*SAP以来的经济模型研究结果表明，如果在近期就促使世界能源系统偏离现状逐渐向低碳经济发展模式过渡，可以将现有资本存量被迫提前退役的风险和成本降低到最小。早期减排也为技术开发腾出了时间，避免人类被过早锁定在必须快速发展低排放技术的早期思维模式中。另一方面，更有进取心的早期减排行动还能够减少气候急剧变化所引发的环境和人类风险。

它还将刺激现有低排放技术的快速推广，为将来的技术变化提供强有力的近期激励机制，以免被锁定在高碳排放技术上，并允许我们将来随着对科学认识的加强而制定更严格的目标。(见 2.3.2，2.5.2，8.4.1，10.4.2，10.4.3)

23．*以下三者两两相关，即国际规则的环境有效性、气候政策的成本有效性和协议的公平性。*任何一个国际制度可以设计成为既有效率又很公平。本报告评估的文献以国际制度总体的形式展示支持这些目标的不同的战略，包括如何通过适当地分配任务和奖励条件，使参与某一制度更具有吸引力。尽管分析和谈判经常侧重于如何减少系统成本，文献还认识到制定一个有关气候变化的有效制度必须对可持续发展和非经济问题给予更多的重视。(见1.3，10.2)

认识上的差距

24．*在以往的IPCC评估报告中我们在认识上已经取得了一些进步，包括从科学、技术、环境、经济和社会等角度来认识减缓气候变化。然而，进一步的研究，包括在发展中国家的研究是必要的，它们可以加强未来的评估、尽可能地减少不确定性，并为应对气候变化的决策提供足够的信息。*

以下是目前人类的知识与决策要求仍存在很大差距的建议优先研究的领域：

- *进一步探索技术和社会创新措施的区域、国家和部门内的具体潜力。*这包括有关近期、中期和长期的二氧化碳、非二氧化碳与非能源减排措施的潜力和成本，了解不同区域间的技术推广，识别社会创新导致的温室气体减排的机会，综合分析减排措施对陆地系统碳流入和流出的影响，“地理”工程领域内的一些基本问题。
- *有关所有国家减缓气候变化的经济、社会和体制问*

题。优先领域包括分析区域性特定的减排措施和障碍、有关公平性评估的含义、在综合评估领域发展适当的方法和改善的数据来源以加强减缓气候变化和能力建设、加强未来的研究和评估，特别是在发展中国家。

- *减排措施的潜力和成本分析方法，特别关注结果可比性*。例如，表述和度量温室气体减排行动的障碍；使减排模型技术更相容、可复制和可获得；对技术进步过程的建模；改进评估附带效益的分析工具，如在温室气体和其它污染物之间分担减排成本；对不同温室气体稳定的情景，系统地分析成本对基本假设的依赖性；开发在指定气候政策时处理不确定性和社会、经济、生态风险的决策分析框架；改进全球模型和相关研究，以及他们在处理和报告非附件一国家和地区时的假设及相容性。
- *在发展、可持续性和公平性的框架内评估减缓气候变化的措施*。例如，探索不同的发展途径，包括交通部门在内的各部门的可持续消费模式、对减缓和适应气候变化措施的综合分析、识别气候变化政策和一般性的为推动可持续发展的政策结合起来的可能性、代内间和代际间有关减缓气候变化的公平性的综合分析、公平性评估方面的含义、分析在多种稳定政策体系下减排选择的科学、技术和经济的含义。

气候变化 2001：

减缓

技术摘要

政府间气候变化专业委员会第三工作组报告

工作组或委员会届会“接受”IPCC报告，指该材料未经逐行讨论并取得一致意见，但它对所涉及的主题仍提出了全面、客观和平衡的观点。

主要作者：

Tariq Banuri (巴基斯坦), Terry Barker (英国), Igor Bashmakov 俄罗斯), Kornelis Blok (荷兰), John Christensen (丹麦), Ogunlade Davidson (塞拉利昂), Michael Grubb (英国), Kirsten Halsnaes (丹麦), Catrinus Jepma (荷兰), Eberhard Jochem (德国), Pekka Kauppi (芬兰), Olga Krankina (俄罗斯), Alan Krupnick (美国), Lambert Kuijpers (荷兰), Snorre Kverndokk (挪威), Anil Markandya (英国), Bert Metz (荷兰), William P. Moomaw (美国), Jose Poberto Moreira (巴西l), Tsuneyuki Morita (日本), Jiahua Pan (中国), Lynn Price (美国), Pichard Pichels (美国), John Pobinson (加拿大), Jayant Sathaye (美国), Pob Swart (荷兰), Kanako Tanaka (日本), Tomihiru Taniguchi (日本), Ferenc Toth (德国), Tim Taylor (英国), John Weyant (美国)

编审：

Pajendra Pachauri (印度)

1. 报告范围

1.1 背景

1998年召开的政府间气候变化专业委员会（IPCC）全会就IPCC第三次评估报告（TAP），责成第三工作组对减缓气候变化的科学、技术、环境、经济和社会等方面进行评估。这样一来，本工作组的授权就从第二次评估报告（SAP）对气候变化（包括适应）的经济社会尺度主流科学的评估，转为对控制温室气体（GHG）排放和／或增强温室气体汇的选择的、跨学科的评估。

自第二次评估报告出版以来，气候变化减缓领域的研究工作，在一定程度上受到了1997年达成的《联合国气候变化框架公约京都议定书》（UNFCCC）等政治变化的影响，本报告吸纳了这些研究成果并对它们进行了评估。本报告还吸收了若干IPCC特别报告[1]中的内容，以及在1999年到2000年期间，由IPCC与其他单位共同主办的会议及专家会议、特别是有助于第三次评估报告撰写的会议成果。本报告的技术摘要分成10个章节。

1.2 拓宽减缓气候变化的背景

本章把减缓气候变化、减缓政策以及报告的其它内容置于更为广阔的发展、公平和可持续性背景中予以探讨，这体现了《联合国气候变化框架公约》明确规定的、在寻求稳定温室气体浓度最终目标过程中需要遵循的条件和原则。《联合国气候变化框架公约》在稳定目标上强调了三个条件：即“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发生”（第2条）。公约同时也提出了用于指导这一进程的几个原则：公平、共同但有区别的责任、预防措施、成本有效性措施、可持续发展权利以及促进开放的国际经济体系（第3条）。

以前的IPCC评估报告试图通过对技术和政策手段进行综合性的描述、分类和比较，以便推进这种努力，这些技术和政策手段能用成本有效的、高效率的方式来实现温室气体的减排。通过吸收近期进行的、将政策评估纳入到可持续发展背景下的气候变化分析结果，本次评估推进了这一进程。这一范围的扩展与相关的气候变化文献的进展是一致的，也与《联合国气候变化框架公约》对可持续发展认识的重要程度一致，这包括第3条第4款提出的“各缔约方有权利并且应当促进可持续发展”。因此，这次评估致力于缩小早期评估中存在的认识上的差距。

气候变化涉及到有关气候、环境、经济、政治、制度、社会和技术进步之间复杂的相互作用，它不能脱离广泛的社会目标（如公平和可持续发展）或其它现存的或未来可能出现的挑战，孤立地处理或理解。为了体现这种复杂性，在分析气候变化及相应的挑战时已经出现了多种多样的分析方法，这些方法将人们对发展、公平和可持续性（DES）的关注（部分地和逐渐地）纳入到他们的分析框架和政策建议中。每一种方法都强调问题的某些要素，重点放在确定响应政策类型上，比如说：优化政策、提高制定和实施响应政策的能力、加强减缓与适应气候变化与其他社会目标之间的协调以及强化社会学习。因此这些方法之间是互补的，而不是互相排斥的。

本章介绍了三类分析方法，他们的目标和分析工具并没有多大的区别。三种方法的着眼点分别为：效率与成本－效果、公平与可持续发展以及全球可持续性与社会学习。这三种方法之间的差异在于他们的出发点不同，而不在于他们的最终目标。尽管分析的出发点不同，许多研究都试图用自己的方式将其他关注点纳入到分析框架中。例如，许多从成本－效果角度分析减缓气候变化的研究，在处理成本、效益和福利时试图考虑公平和可持续发展因素。与此相似，强烈倾向于国家间公平的研究，主张公平是为了确保发展中国家能够实现其国内的可持续发展目标，这一理念隐含着可持续性与效率双重含义。同样，关注全球可持续性问题的分析，则按照自己的逻辑来对全球效率和社会公平构造案例，在模型中全球效率通常是把物流和生产脱钩后进行模拟的。换句话说，三种分析角度都能引导作者将其研究出发点以外的问题用某种方法来整合。这三类分析都是用不同的、但高度互补的方法来探索减缓气候变化与发展、公平和可持续性三个目标之间的关系。但是，由于这三类分析针对的问题不同，而且关注不同的因果关系，采用不同的分析工具，得出的结论也不尽相同。

[1] 特别是航空与全球大气特别报告，技术转让方法论和技术问题特别报告，排放情景特别报告以及土地利用、土地利用变化和森林特别报告。

不存在对任何层面上的问题都特别适合的分析角度。本报告认为三个分析角度是高度协调的，最主要的差异在于被问及的问题的类型和寻找的信息种类。实际上，现有文献已经包含了新的问题和新的分析工具，包容而不是排斥从其他角度进行的分析。可以认为随着分析者对不确定性问题的意愿和认识能力的逐步提高，气候政策分析的范围和程度被逐渐了解。

气候政策分析的第一个角度是成本有效性。它代表传统气候政策分析的领域，并且在第一次到第三次评估报告中均得到了很好的阐述。这些分析一般由下面的问题直接或间接驱动，即在反映特定的社会经济预测下，对于一个给定的温室气体排放基准情景，对全球经济发展最成本有效的温室气体减排量应该是多少？在这个框架下，最重要的问题包括测定各种减排技术的性能指标，以及如何消除阻碍实施那些对减排贡献最大的政策措施的障碍（如目前的补助金）。从某种意义上说，问题的焦点已经集中在通过对减缓政策与经济发展之间相互作用的分析，来确定有效的途径。这种相互作用受公平和可持续性考虑的制约，但并不受后者的主导。在这个层面上，政策分析几乎总是在现有的制度和个人偏好给定的条件下展开的，这些假设条件在十年或二十年的时间尺度内可能是有效的，但对于几十年的时间跨度，这些假设条件可能更值得质疑。

气候政策分析的第二个角度是公平性。促使气候政策分析和讨论的范围扩展到包括公平性考虑在内的推动力，不仅仅是为了分析气候变化及减缓政策对全球整体福利的影响，而且也为了研究气候变化及减缓政策对于现存的国家间和国内不公平问题的影响。有关公平与气候变化方面的文献在最近的20年中已经明显增多，但对于“什么构成公平”并没有达成共识。一旦将公平问题引入到评估的议事日程，在探索有效的减排途径时，该问题无疑将成为重要的组成部分。有相当多的研究表明，那些认为政策不公平的人们可能会阻碍、甚至抵制环境政策，这些文献已经受到了人们的重视。根据这些研究结果，我们就很容易理解为什么一旦人们普遍认为某个减排战略不公平，就会反对这个减排战略，或者认为该战略不是最优的（或甚至是不可行的，就象非附件一国家永远不参与减排的情形一样）。事实上，一些成本－效果分析已经揭示了公平性措施对政策设计、国家前景和区域背景的敏感性，为应用这些文献奠定了基础。实际上，成本－效果分析也突出了有关发展和可持续性的其他措施所存在的类似敏感性。如前面所述，对于公平考虑的分析已经集中到发展中国家的需求上，特别是在公约第3.4款所表述的推进可持续发展的承诺。各国对所考虑的情景基准线及减排选择的范围有着各自不同的理解。对一个特定的国家来说，可行的和／或所要求的气候政策明显依赖于其可获得的资源和体制、以及包括气候变化在内的总体目标。如果承认各国之间的这种差异，就可能产生与目前所考虑的政策选择不同的范围，并可能揭示出不同部门在能力上的差异，也可能有助于非政府参与者在改善自身的减排能力方面，正确评估自己能够做什么。

第三个角度是全球可持续性和社会学习。在可持续性已经以各种不同的方式纳入到了分析之中的同时，有一类研究将全球可持续性问题作为分析的出发点，这些研究重点探讨各种不同的道路来实现全球可持续性发展，如何打破经济增长对资源的依赖关系以及如何打破依赖生产的福利增长方式。举例来说：通过生态智能型的生产系统、资源消耗少的基础设施和适当技术来打破经济增长对资源的依赖；通过适中的生产水平、生产系统区域化分工，以及改变生活方式来打破福利增长对生产的依赖。从这一角度确定约束条件和机遇的一个比较流行的方法是确定未来的可持续发展状态，然后研究可能的和所希望的转变途径。对于发展中国家来说，就可能提出许多有别于发达国家过去所追求的发展战略。

1.3 各种分析角度的综合

各国应该如何响应减缓挑战，以便充分考虑成本－效果和效率、狭义的分配问题、广泛的公平性以及可持续性等目标？随着对这个问题讨论的深入，要回答如何才能最好地应对气候变化威胁这一难题变得越来越复杂。实际上，一旦认识到这些多领域问题是相互关联的，就要求决策者和国际谈判者把那些气候变化范围之外的问题纳入其考虑范围之中，从而使决策者和国际谈判者面临的任务更加复杂。因此，决策者应该认识到：在这个广阔的视野内制定新政策必须整合各种科学认识，而不是简单地以小部分研究人员或国家提出的抽象的学术理论或者狭隘的地方利益为基础。成本－效果、公平和可持续性在《联合国气候变化框架公约》中已经被确定为关键的问题。这也是赋予第三次评估报告起草者的主要任务之一。成本－效果、公平和可持续性与气候变化政策的内

在统一，本身就是《联合国气候变化框架公约》的宗旨之一。

日益增加的有关气候变化减缓的文献表明：对减少温室气体排放量极其有效的政策可能不是简单地追求某个特定基准线下减排成本最低的政策。因此，一揽子的政策和分析方法将比仅仅依赖于狭窄的政策手段或分析工具的方法更加有效。政策手段和分析工具范围的扩展，除了给决策者更灵活的方式来实现气候目标之外，还通过增加清晰的额外政策目标来提高气候政策的公众接受程度，尤其是拓宽了无悔[2]选择的范围。最后，这也有助于根据短期、中期和长期目标制定相应政策。

为了使效果更好，组合分析方法也要求对一系列依据长期目标所提出的广泛的政策影响和成本赋予权重。在构思气候政策时，需要考虑那些目标更为广泛的政策对气候的影响，以及气候政策对实现这些目标的可能影响，这些目标包括发展、可持续性和公平等内容。作为分析过程的一部分，每个政策手段的机会成本和影响都是根据这些多重目标所定义的多重准则进行评估。此外，需要考虑的决策者或利益相关者的数量也有所增加，除了国家决策者和国际谈判人员之外，还包括国家、地方、团体、社区中介以及非政府组织（NGO）。

“辅助效益”一词在文献中通常指特定的减缓气候变化政策产生的、除了温室气体排放以外的辅助或附带效益。这样的政策不仅对温室气体排放产生影响，而且也对其他问题产生影响，如减少当地和区域的化石燃料使用所造成的空气污染物排放，还对诸如交通、农业、土地利用、生物多样性保护、就业和燃料安全等问题产生间接的影响。有时也称之为“负面影响”，以便反映在某些情况下这些效益可能是负的事实[3]。另外，还引入了“减缓能力”的概念，作为一个可能的方式来整合今后从三个分析角度得出的研究结果。减缓能力的决定因素包括技术和政策选择的可获得性，以及承诺实施这些选择的资源的可用性。这些决定因素都是第三次评估报告中的关注重点，但第三次报告涉及的因素要比这些更多。减缓能力也取决于各国促进可持续发展的具体特色，例如，资源的分布、不同人口段的相对参政能力、决策者的威信、气候目标与其他目标的互补程度、可靠的信息与分析结果的获得、获得信息后的行动意愿、在代际和代内间分散风险的能力等。考虑到减排能力的决定因子在本质上与第二工作组报告提出的适应能力概念的决定因子是一致的，因而这种方法为我们评估减排和适应选择提供了一个完整的分析框架。

[2] 与第二次评估报告一样，在本报告中无悔选择定义为那些通过诸如减少能源成本以及减少当地/区域排放量所获得的效益等于或者大于其社会成本的选择，不包括避免气候变化所获得的效益。这种选择也叫做负成本选择。

[3] 在本报告中，“共生效益”一词有时也用来表示政策选择的额外效益，这些政策的执行同时出于各种各样的原因，认识到大多数涉及减缓温室气体的政策设计也有其他、通常至少同样重要的、合理的目标，例如，涉及到发展、可持续性和公平的目标。避免气候变化的效益并没有包含在辅助或共生效益中，另见第7.2节。

2. 温室气体排放情景

2.1 情景

为了考虑气候变化的最终风险，评估气候变化与人文系统和环境系统其他方面的相互作用，以及引导政策响应，需要从长远的角度对未来的可能性进行多种多样的展望。情景分析为人们提供了一个组织信息以及探讨未来发展各种可能性的结构化工具。

每个减缓情景描述了一个特定的未来世界，包括特定的经济、社会和环境特性，以及隐含或清晰地包含有关发展、公平和可持续性方面的信息。由于参考情景与稳定和减缓情景之间的差异仅仅只是追加了慎重的气候政策，这就有可能使不同参考情景之间的排放量差异大于任何一个这种参考情景与其稳定或减缓情景之间在排放量上的差距。

本节概要介绍了三类情景文献：自第二次评估报告以来，出现了一般的减缓情景；以叙述为基础的情景一般出现在有关未来的文献中；以IPCC《排放情景特别报告》中开发的新的参考情景为基础的减缓情景。

2.2 温室气体排放减缓情景

本报告从188个资料来源中考虑了519个量化的排放情景结果，这些情景中的大多数产生于1990年以后。这里的评论集中于126个减缓情景，这些情景覆盖了全球的排放，时间跨度为整个21世纪。在所有一般的减缓情景

中，技术进步是一个关键性的要素。

根据减缓类型，又将这些情景分成四大类：浓度稳定情景、排放量稳定情景、安全排放通道情景以及其他减缓情景。所有评估的情景都包括与能源活动相关的二氧化碳（CO_2）排放量；有几个情景也包括来自土地利用变化和工艺过程的二氧化碳和其他重要温室气体的排放。

在评估的情景中，所采取的政策选择考虑了能源系统、工艺过程、以及土地利用，这些政策的选择依赖于根本性的模型结构。大部分情景都简单引入了碳税或有关排放量或浓度水平的约束；有的模型进行区域划分，并引入了区域目标；在最近的研究中，还引入了排放许可证贸易；一些模型采用有关供应侧的技术引进政策，而另一些模型则强调有效的需求侧技术。

在不同地区之间减排量的分配仍是一个有争议的问题。只是在最近的一些研究中，在其情景中就这种分配提出了清晰的假设。一些研究提出了将全球排放贸易作为降低减排成本的机制。

在所有一般的减缓情景中，都将技术进步作为一个关键性的要素。

对31个将二氧化碳浓度稳定在550 ppmv[4]情景（及基准线情景）特征的详细分析，得到以下几点认识：

- 基准线有非常大的取值范围，这反映了在假设上的差异，主要与经济增长和低碳能源供应有关。高速经济增长情景，倾向于在终端利用技术效率的进步方面假设高的水平；不过，人们发现碳强度的降低，在很大程度上独立于经济增长的假设。未来的趋势范围显示，关注发展中国家情景的排放量偏离要比着眼于发达国家的情景大。有关发展中地区的未来趋势极少能形成共识。
- 评估的550ppmv稳定情景，随减排时间路径的不同和区域间减排量分配不同而变化。一些情景认为排放贸易可以降低总减排成本，并能在非经济合作与发展组织国家产生更多的减排。假设的减缓政策范围是非常宽的，一般来说，在基准线中已经假设采用高效率措施的情景，在其减缓情景中进一步引入效率措施的范围显得有限。在某种程度上，这些结论取决于模型输入的假设，而这些假设并没有假设重大的技术突破。相反，高碳强度降低的基准情景，在其减排情景中显示了较大的碳强度降低。

仅仅只有几个研究，报告了减缓非二氧化碳气体的情景。这些文献认为，有少部分的温室气体减排量可以在低成本下，通过包括非二氧化碳气体的减排来完成；为了明显减缓温度的上升，实现在研究中假设的气候目标，必须对二氧化碳和非二氧化碳排放两者都进行控制；甲烷（CH_4）的减排能更加快一些，这种气体减排比二氧化碳减排对大气有更直接的影响。

一般来说，减缓情景和减缓政策与其基准情景紧密相关是很清楚的，但并没有一个系统的分析阐述了减缓情景与基准情景之间的关系。

2.3 全球未来情景

全球未来情景并不是专门地或唯一地考虑温室气体排放。相反，这些情景只是对未来可能世界的、更加综合的“故事”型描述。它们能够补充更为量化的排放情景评估，因为它们考虑了一些难以量化的因素，如管理、社会结构和制度。即便如此，这些因素对于减缓政策的成功仍是至关重要的。谈到的这些问题反映了第一节中提出的分析角度的不同：成本－有效性和／或效率、公平和可持续性。

对这些文献的调查已经获得了相当数量的、与温室气体排放情景和可持续发展有关的认识。未来发展学家已经对大范围的未来社会情形进行了识别，从不同模式的可持续发展，到社会、经济和环境系统的瓦解。由于决定温室气体排放量的基本社会经济驱动因子的未来值可能发生大范围的变动，因此，设计气候政策变得非常重要，以便使这些政策能有弹性应对未来社会环境的大范围变动。

第二，温室气体排放呈下降趋势的全球未来情景所显示的是在管理方面的改进，加强了公平和政治的参与、减少了冲突，并且改善了环境质量。它们也趋于表现提高

[4] 提及的特定浓度水平并不意味着一个达成一致的、要求在这个水平上稳定的目标。选择的550ppmv是基于现有文献主要研究分析这个水平的事实，也并不意味着任何认可这个水平作为气候变化减缓政策的目标。

能源效率，非化石能源替代，以及／或者转向后工业经济（服务业为基础的经济），人口倾向于稳定在比较低的水平，在很多情形下由于经济的繁荣，计划生育得到了推广，妇女的权利和机会得到了改善。一个关键的结论是可持续发展政策能为减排作出重大的贡献。

第三，驱动因子的不同结合是与低排放情景相一致的，这与《排放情景特别报告》的观点相同。这种做法的意义使人感到似乎是考虑了气候政策与其他政策之间的关联，以及在一般意义上，考虑有关选择未来发展道路的条件是非常重要的。

2.4 排放情景特别报告

由IPCC开发并发表在《排放情景特别报告》(SPES)中的6个新的温室气体排放参考情景组（不包括主动的气候政策）组成了4个情景“系列”。情景系列中的A1和A2强调经济发展，但在经济和社会收敛程度上有所不同；B1和B2强调可持续发展，但在有关收敛程度上同样存在不同（见框TS-1）。总之，利用六套模型共开发了40个情景，这40个情景组成6个情景组，其中的6个情景，应该认为它们具有同等的合理性，被选择用来演示和阐述全部的这些情景。这6个情景包括四个不同的未来世界的标志情景以及A1FI和A1T两个情景，其中后两个情景阐述了A1世界中能源技术发展的不同模式（见图TS-1）。

《排放情景特别报告》中的情景主要有以下发现：

- 驱动因子变量的不同组合能够产生类似的能源消费水平和利用结构、土地利用模式以及温室气体排放。
- 在每一个情景系列中，未来的发展趋势存在着进一步分支的重大可能性。
- 排放轨迹动态变化，超出了《排放情景特别报告》的情景变化范围，他们描绘了趋势逆转以及在不同的情景下可能的排放量交叉情况。

框TS-1 IPCC《排放情景特别报告》中的排放情景（SRES）

A1. A1情景框架和情景系列描述的是经济增长非常迅速的未来世界，全球人口到本世纪中叶达到顶峰，之后开始下降，而且新的高效的技术快速引入。主要的根本性假设就是区域趋同，区域间人均收入差距的实质性减少，能力建设、文化与社会的交互作用加强。A1情景系列进一步分为三个代表未来能源系统技术变化不同方向的情景组。这三个A1情景组的区别在于他们在科技方面强调点不同：化石燃料密集型情景（A1FI），非化石能源资源情景（A1T），或所有资源平衡发展情景（A1B）（平衡点的定义为，不严重依赖于一种特定的能源资源，并假定所有的能源供应和终端使用技术以类似的速度不断改进）。

A2. A2情景框架和情景系列描述了一个非常不均衡的世界。根本性的假设是保持自给自足和区域特性。不同区域之间的人口出生率收敛的非常缓慢，导致人口的持续上升。经济发展主要是区域导向的，人均经济增长和技术改变相对于其他情景框架更为零碎和缓慢。

B1. B1情景框架和情景系列描述了一个收敛的世界，其全球人口到本世纪中叶达到顶峰然后开始下降，与A1情景框架相同，但其经济结构朝着服务和信息经济方向快速转变，并伴随原材料强度的下降和清洁且资源高效利用技术的引入。强调全球性的应对方案来实现经济、社会和环境可持续性，但并没有额外的、主动的气候政策。

B2. B2情景框架和情景系列描述了一个强调在经济、社会和环境可持续性方面区域性解决的情景世界。这是一个全球人口继续增长的世界，其增长率低于A2情景框架，经济发展处于中间水平，技术变化比B1和A1情景框架稍微快一点而且更多样化一些。另外，该情景框架也朝着环境保护和社会公平方向发展，并集中于当地和区域层面。

从A1B、A1FI、A1T、A2、B1和B2 6个情景组中各选一个作为演示情景。所有这6个情景都应认为具有同等的合理性。

《排放情景特别报告》中的情景并不包括额外的主动的气候政策，这意味着没有一个情景包含明确的、有关《联合国气候变化框架公约》或者《京都议定书》排放目标被实施的假设。

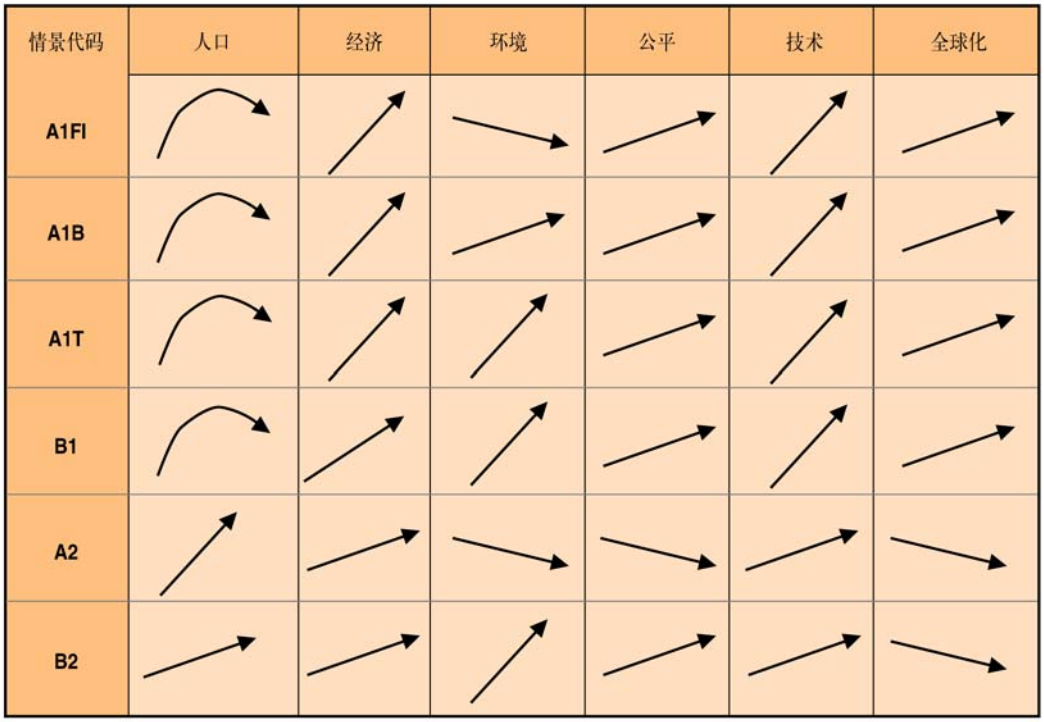


图 TS–1：SRES 情景中不同指标的量化趋向。

描述了可能的未来发展，包括一些内在的、似是而非的问题和不确定性。完全不存在一条而且仅仅只有一条可能的发展道路（比如“照常发展情景”概念）。由于多模型方法能够将模型输入参数选择造成的不确定性同特定的模型行为和建模引起的不确定性明确区分开来，因而多模型方法提高了《排放情景特别报告》中一整套情景的价值。

2.5 Post–SRES 减缓情景评估

认识到多重基准线在减缓战略评价中的重要性，最近的研究分析并比较了利用 SRES 中的情景作为其基准线的减缓情景。这就使得本报告能够对9个模型小组产生的76个“后排放情景特别报告（Post–SRES）减缓情景”作出评估。这些减缓情景都是在6个描述各种未来世界与减缓能力之间相互关系的 SRES 情景组的情景框架基础上进行量化的。

在基准情景量化方面的不同之处包括假设的情景框架、稳定目标以及所采用的模型。Post–SRES 情景覆盖了范围相当大的排放量轨迹，但明显低于 SRES 的范围。所有情景都表明，随着时间的变化，二氧化碳减排量将增大。能源减少比二氧化碳排放量的降低幅度更大，这是由于在许多情景中，能源使用量的减少和二氧化碳排放量的减缓都是一次能源资源转变的结果。

一般来说，稳定目标越低且基准排放水平越高，要求偏离基准线的二氧化碳量越多，发生的这种偏离的时间也越早。A1FI，A1B 和 A2 所描绘的世界比 A1T，B1 和 B2 所描绘的世界，在执行技术和／或政策措施方面要求一个更加宽的范围和更有力度。450ppmv 的浓度稳定目标情形与 650ppmv 的情形相比，需要在早期出现更为强烈的排放量减少，即在未来的 20 到 30 年，在排放量方面有一个非常迅速的降低（见图 TS–2）。

一个关键的政策问题是在中期（在《京都议定书》承诺期以后）需要一个什么程度的减排量。Post–SRES 情景分析（大多数情景假设到 2020 年发展中国家的排放量将低于基准线）建议，如果将浓度目标稳定在 450ppmv，则需要附件一国家在 2012 年以后的减排量显著超过其在《京都议定书》下所作的承诺。同时还建议，如果将浓度目标稳定在 550 ppmv 或者更高，则到 2020 年并没有必

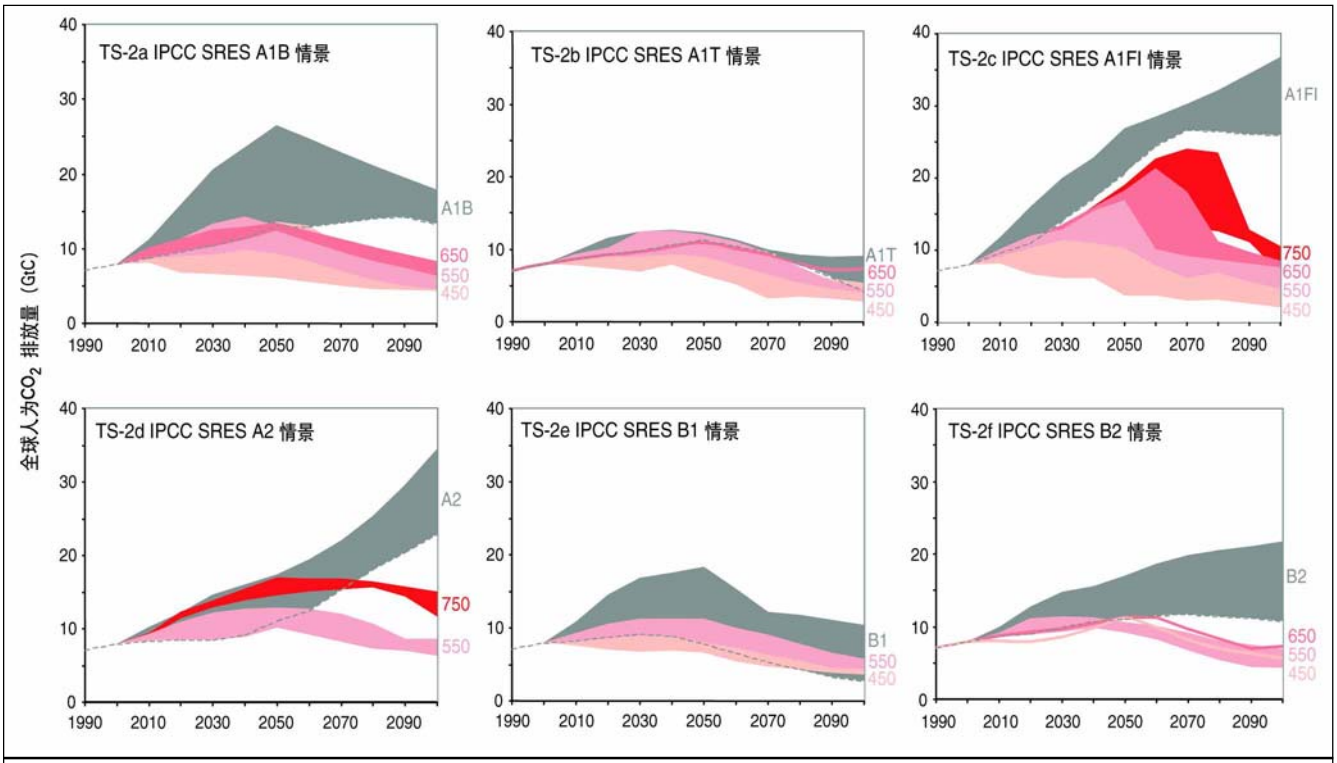


图 TS–2：参考情景与稳定情景的比较。本图分成 6 个部分，每一个都对应《排放情景特别报告（SRES）》中的参考情景组。图的每个部分都显示了 SRES 参考情景组全部人为二氧化碳排放源造成的全球总排放量的变动范围（10 亿吨碳，灰色阴影），以及第三次评估报告中不同二氧化碳浓度水平的浓度稳定情景的容许排放量范围（彩色阴影）。A1 家族的情景被分成三组：所有资源平衡发展情景 A1B（图 TS–2a）、非化石能源资源情景 A1T（图 TS–2b）以及化石燃料密集型情景 A1FI（图 TS–2c），其稳定情景的二氧化碳浓度稳定目标分别为 450、550、650 和 750ppmv；A2 组稳定在 550 和 750ppmv 的结果如图 TS–2d 所示，B1 组稳定在 450 和 550ppmv 的结果如图 TS–2e 所示，B2 组稳定的目标包括 450、550 和 650ppmv，其结果如图 TS–2f 所示。没有文献可用于评估 1000ppmv 的稳定情景。图中表明，较低的稳定浓度水平且较高的基准排放量，其减排缺口就越大。不同情景组之间的排放量差异可能与同一情景组中参考情景与稳定情景之间的减排缺口一样大。虚线所描述的是重叠部分的排放量范围边界线。（见框 TS–1）

要要求附件一国家比京都承诺走得更远。不过，应该承认，有几个情景的结果认为，到 2020 年附件一国家必须有显著的减排，而且没有一个情景引入诸如限制温度变化速率等其它约束条件。

已经提及的一个重要的政策问题涉及到发展中国家的参与减排。在 Post–SRES 情景分析中，一个初步的结论是：如果假设稳定二氧化碳浓度所需的减排量仅仅由发达国家来承担，而发展中国家的排放遵循基准情景的情形，那么到 21 世纪末几乎所有的浓度稳定情景都将看到附件一国家的人均二氧化碳排放量远低于非附件一国家的人均排放量；有 2/3 的情景在 2050 年以前就会出现这种情况。这表明稳定目标与基准线排放水平是决定发展中国家排放量偏离基准线的时间表的两个重要因素。

在一个强调经济发展的世界中，气候政策将降低人均的最终能源使用量（A1FI、A1B、和 A2），但在一个突出环境的世界中（B1 和 B2）则不以为然。在附件一国家由于气候政策引起的能源使用的降低要比非附件一国家大。不过，气候政策对表现为人均最终能源使用上的公平性影响可能要比未来的发展道路所带来的影响更小。

不存在唯一的未来低排放发展道路，各个国家和地区应该选择自己的道路。多数模型结果表明，已有的技术选择[5]能实现相当宽的大气中二氧化碳浓度稳定水平，550ppmv、450ppmv、甚至在未来 100 年或更长远一点更低的浓度水平，但要实现这种潜力需要相应的社会经济

[5] “已有的技术选择”是指运行中存在或者目前正处于工厂化试验阶段的技术，如本报告减缓情景所引用的。它并不包括任何要求巨大的技术突破的新技术。这样，考虑到情景区间的长度，这种分析可以认为是一种保守的估算。

和制度上的改变。

虽然情景中所假设的减缓选择是不同的，并且强烈依赖于模型结构。但减缓情景中的共同特点都包括大的持续的能源效率的提高、植树造林以及低碳能源，特别是在未来100年的生物质能源和21世纪上半叶的天然气。节能和再造林是合理的第一步，但供应侧的技术创新最终也将必不可少。可能的、强有力的选择包括使用天然气和联合循环发电技术，以便搭起过渡到更先进的化石燃料和碳零排放技术的桥梁，如氢基燃料电池。太阳能以及核能或者碳去除和储存对于一个高排放的世界或者较低的稳定目标情形来说变得越来越重要。

将全球的气候政策与国内的减轻空气污染政策有机结合，在未来20到30年能有效减少发展中国家的温室气体排放。但是，控制硫排放有可能扩大潜在的气候变化，在中期的环境政策制定中，很可能需要折中考虑。

主导农业、土地利用和能源系统的政策应该与减缓气候变化联系起来。生物质能源的供应以及二氧化碳的生物封存技术将拓宽碳减排的选择途径，尽管Post-SPES情景显示出这些措施并不能提供所要求的大量的排放量减少。大量的排放量减少还得依赖其它方面的减排选择。

3. 减排选择的技术和经济潜力

3.1 自第二次评估报告至2010-2020年温室气体减排技术选择的主要认识进展

减少温室气体排放的技术开发和应用实践一直在进行，这些技术大多集中于提高化石燃料或电力的利用效率，以及低碳能源的开发。因为大多数温室气体排放（以CO_2当量计算）与能源利用相关。100多年来，发达国家的能源强度（能源消费量除以GDP）和碳强度（化石燃料CO_2排放量除以能源生产总量）在没有直接的减排政策的情况下一直在降低，而且还有进一步降低的潜力。这种变化主要得益于通过节能、提高能效以及氢能和核电的引入而产生的从煤炭等高碳化石燃料向油、气等较低碳排放燃料的转变。其它非化石燃料能源资源的开发也在进行或者迅速进入利用阶段，非化石燃料能源对温室气体减排具有重大潜力。生物固碳、CO_2的去除和储存也有助于将来的温室气体减排（参见以下第4节）。其它技术措施主要是减少非能源部门的其它温室气体排放，包括：甲烷（CH_4）、氧化亚氮(N_2O)、氢氟碳化物（HFC）、全氟化碳（PFC）和六氟化硫（SF_6）。

自第二次评估报告以来，一些技术的进展快于原来的分析预测，例如高效混合燃料发动机汽车进入市场、风力发电机设计得到迅速提高、地下封存CO_2进行了案例示范、己二酸生产中的N_2O排放几近去除。建筑、工业、交通和能源供应中存在达到更高的能源效率的机会，而且其成本通常比原先预计的要低。到2010年，大多数减排机会仍将来自于提高终端部门的能源效率，包括：电力部门采用天然气发电、工业生产工艺过程减少氧化亚氮、四氟化碳（CF_4）和氢氟碳化物等温室气体的排放。到2020年，当发达国家和经济转型国家的一部分现存电厂被替代，并且发展中国家的许多新建电厂开始运行时，可再生能源资源的利用将为CO_2的减排作出重要贡献。从更长期来看，满足严格的安全性、扩散性和核废料储存要求的核能技术，以及化石燃料和生物质中碳的物理去除和储存，然后是碳封存技术，都将可能成为可选方案。

与温室气体减排的技术和经济潜力相反，经济的迅速发展、一些社会经济活动变化趋势的加速，使能源利用的总量增长，对发达国家和发展中国家的高收入群体尤其如此。在许多国家，住宅和汽车的尺寸正在变大，家电利用的强度在增大，商业建筑中的电子办公设备在增加。在发达国家，尤其是美国，更大、更重而效率更低的汽车的销售量也在增长。遍及世界大部分地区的能源零售价格的持续低迷或稳定不变，降低了所有部门有效利用能源或购买高效能源技术的积极性。当然也有例外，一些国家制定了旨在提高能源效率或促进可再生能源技术利用的新政策或规划。自90年代初以来，公有和私有投资对新的减排技术的研发（P&D）投入也减少了。

此外，与技术创新选择相关的社会改革领域中也存在重要机遇。在所有地区都存在既能提高生活质量、同时又能减少资源消费和温室气体排放的选择生活方式的机会，这些选择主要取决于当地和地区的文化及其侧重点，并与技术变革密切相关。有些技术变革可能与生活方式的深刻变化相关，而其它的技术变革则不要求这种深刻变化。第二次评估报告很少论及这些选择，本报告将开始加以考虑。

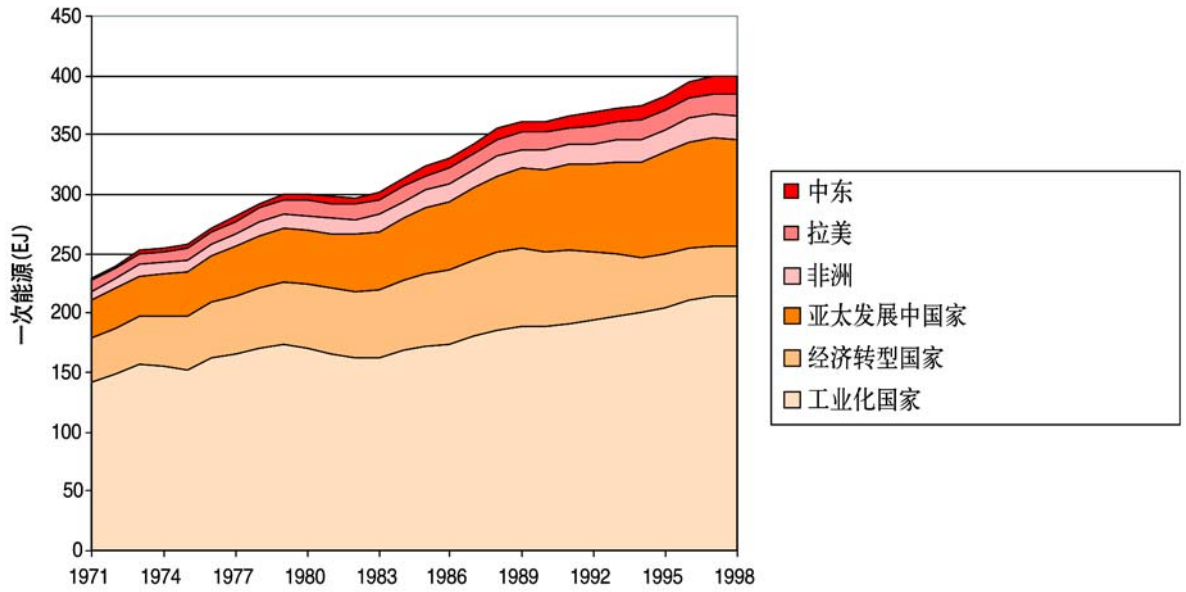


图 TS–3：1971 年到 1998 年分地区一次能源利用情况。

注：一次能源采用国际能源机构（IEA）的基于生产热和电的一次能源的实物量折算方法计算。

3.2 能源利用及相关的温室气体排放趋势

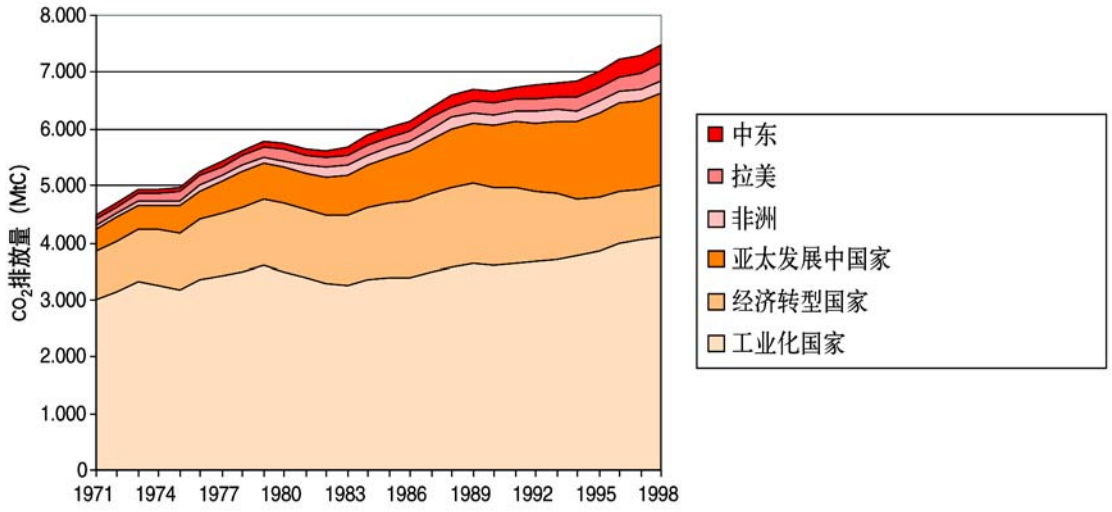
90年代全球能源消费和相关的CO_2排放维持增长态势（图 TS–3 和 TS–4）。化石燃料仍然是世界的主要能源，在《京都议定书》论及的温室气体排放中，能源利用的排放占三分之二以上。1998 年，全球经济消费了143EJ石油、82EJ天然气和100EJ煤炭。从1990年到1998年，全球一次能源消费量年均增长1.3%，发达国家年均增长率为1.6%，发展中国家年均增长2.3%至5.5%，经济转型国家由于重工业的流失、经济整体活动的下降、以及制造业的重组，在这一时期的一次能源消费量年均下降了 4.7%。

从 1990 年到 1998 年，全球 CO_2 排放年增长率为 1.4%，与同期一次能源的增长率大致相当，大大低于从 70 年代到 80 年代的 2.1% 的年增长率。这主要是由于经济转型国家的减排和发达国家的工业部门的结构调整。从更长的时期来看，1971年到1998年全球能源利用产生的CO_2排放量年均增长1.9%。关于能源利用的CO_2排放量情况，发达国家从 1990 年以来以每年 1.6% 的速度增长，1998 年其排放量占全球总量的 50% 以上；经济转型国家从 1990 年以来以每年 4.6% 的速度减少，1998 年其排放量占全球排放总量的 13%；亚太地区发展中国家是1990年以来年均增速最快的地区，达到4.9%，其排放量占全球总量的22%；其它发展中国家的排放量自 1990 年以来年均增速为4.3%，其排放量占全球总量的10%略强。

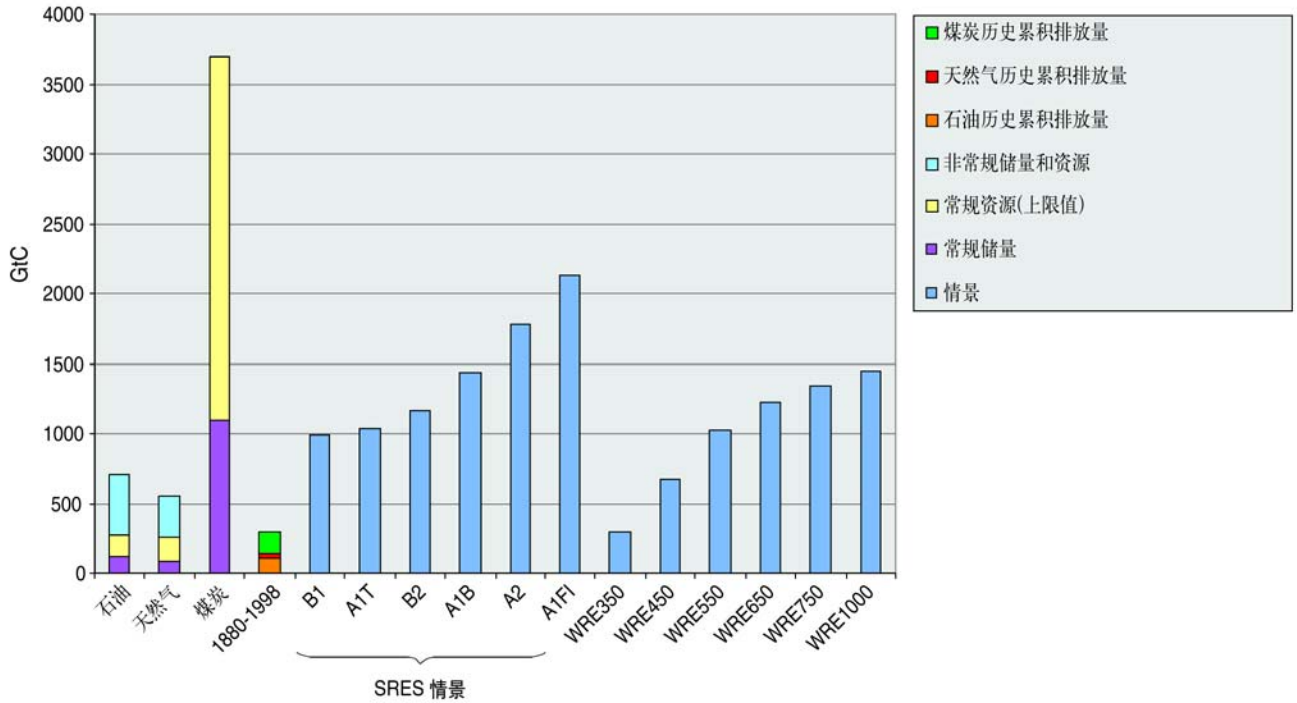
从 1860 年到 1997 年的工业化时期中，估计烧掉了 13，000EJ 的化石燃料，向大气排放了 2900 亿吨碳，再加上土地利用变化引起的排放，导致大气中 CO_2 浓度上升了 30%。作为比较，估计天然气资源储量[6]与石油资源储量相当，约为 35，000EJ；煤炭资源为油气资源的 4 倍以上，甲烷络合物（深海甲烷，不以资源量计算）估计为 780，000EJ；估计化石燃料中还储藏着 15，000 亿吨的碳，是目前已排放量的5倍。如果加上估计的资源蕴藏量，那么地下还储存着总量为 50，000 亿吨的碳。《排放情景特别报告》的模拟结果预测，在无特定温室气体减排政策的情景下，2000年至2100年间来自化石燃料消费的累

[6] 储量指在现有的技术和价格条件下可以经济开采的已探明的资源。资源的地理和经济特性更不确定，它在可预见的技术和经济发展时期内会有开采价值。资源量包括以上两类。在此之上是确定性未知的、在可预见的未来没有经济意义或经济意义不确定的“额外蕴藏”（第二次评估报告）。非常规的化石燃料资源如焦油沙、页岩油、地压气、渗水层气体。

积排放量为10，000亿吨碳至21，000亿吨碳。而在同一时期450至750ppmv稳定浓度目标所对应的累积碳排放量为6，300至13，000亿吨碳（参见图TS-5）。因此，至少在全球水平上而言，虽然出现了化石燃料供应不足的现象，但是对于减缓气候变化而言并无显著的影响。与此相反，虽然煤炭储量和非常规的油、气蕴藏量相对较



图TS-4：1971-1998年分地区CO_2排放量。



图TS-5：油、气、煤炭储量及资源量中的碳与1860-1998年间的化石燃料碳排放量、与直至2100年的排放情景特别报告情景和第三次评估报告稳定情景的比较。储量和资源量数据在左侧显示。包括焦油沙、页岩油、其它重油、煤层气、深层地压气、渗水层气体、甲烷络合物等在内的非常规油气资源的估计总储量达12，000GtC，本图未予显示。图中同时显示了《排放情景特别报告》的参考情景和不同浓度的稳定情景。注意，如果排放情景特别报告情景的2100年累积排放等于或小于稳定情景的累积排放，并不意味着这些情景会相应的导致稳定。

大，但是在常规的石油、天然气储量或常规的石油蕴藏量中所储存的碳远远低于450ppmv及以上水平的稳定浓度目标所对应的累积碳排放量（图TS-5）。此外，其它温室气体的排放潜力也很大。从图TS-5也可以清楚地看出，常规的油气储量仅是全部化石燃料资源量的一小部分。这些资源数据意味着在21世纪能源结构将发生变化，新的能源资源将被引入。能源结构的选择以及相关的投资，将决定温室气体的浓度是否能够稳定、如果能够稳定应在什么水平和以多大的代价来稳定。目前这种投资大多旨在探明和开发更多的常规和非常规的化石能源。

3.3 部门减排技术选择[7]

本节估算每一部门在一定的成本范围内的温室气体减排潜力[8]（表TS-1）。在工业部门中，碳减排成本的估算范围从负成本（即“无悔”，减排可带来利润）到大约300美元／吨碳[9]。在建筑部门，由于积极实施能效技术和措施，发达国家和经济转型国家在2010年可以-250美元到-150美元／吨碳的成本每年从民用建筑减排3.25亿吨碳，发展中国家则可以-250美元／吨碳到50美元／吨碳的成本减排1.25亿吨碳。类似地，在2010年，发达国家和经济转型国家以-400美元／吨碳到-250美元／吨碳的成本从商业建筑减排1.85亿吨碳，发展中国家以-400美元／吨碳到0美元／吨碳的成本从商业建筑减排8000万吨碳。交通部门的成本范围为-200美元／吨碳到300美元／吨碳，农业部门的成本范围为-100美元／吨碳到300美元／吨碳。材料管理也能产生节约，使减排成本为负或处于100美元/吨碳左右的较低水平，包括材料回收和垃圾填埋气体的利用。在能源供应部门，一些能源替代和技术替代的成本有可能在-100美元/吨碳到200多美元／吨碳之间。这种潜力的实现将取决于受人类社会状况和政府干预影响的市场条件。

表TS-2提供了障碍和减排影响的综述及相关情况。以下将详细讨论部门的减排措施。

3.3.1 建筑部门的主要减排选择

1995年建筑部门的排放在与能源相关的全球温室气体排放总量中占31%，而且从1971年以来以每年1.8%的速度增长。过去五年中，建筑技术在窗户、照明、电器、隔热、采暖、制冷和空调的能源效率方面已取得进步，建筑控制、被动式太阳房设计、综合建筑设计、光伏发电系统在建筑中的应用等方面也在开发中。通过改善对碳氟化合物制冷剂的密封和回收，以及烃和其它非碳氟化合物制冷剂的利用，氟利昂逐渐被淘汰，从制冷和空调排放的碳氟化合物已经减少。隔热泡沫中的碳氟化合物的利用和排放由于氟利昂的淘汰而减少，而且随着氢氟碳化物的淘汰将进一步减少。研发方面的努力也使冰箱和制冷供热系统的效率得到提高。尽管技术不断进步，许多国家采用了改进技术，但是从1971年到1995年建筑能源利用的增速仍高于总能源需求的增速，商业建筑能源利用增速最快（为3.0%，民用建筑为2.2%），这主要是由于随着经济发展，消费者要求使用更多电器和住更大的房子来增加舒适性，以及由于商业部门的现代化和扩张所导致的结果。目前存在一些技术上有意义、成本有效的减缓这种趋势的机会。基于现有技术及未来技术进步，建筑部门与能源相关的CO_2排放的总的减排技术潜力在2010年为7.15亿吨碳／年，参考情景下2010年的排放量为26亿吨碳／年（减排27%）；在2020年的减排潜力为9.5亿吨碳／年，参考情景下2020年的排放量为30亿吨碳／年（减排31%），在2050年的减排潜力为20.25亿吨碳／年，参考情景下2050年的排放量为39亿吨碳／年（减排52%）。加强研发有助于保证部门技术的不断进步。

3.3.2 交通部门主要减排选择

1995年交通部门占全球与能源相关的CO_2排放量的22%；从全球来看，该部门的排放增长迅速，接近年均2.5%。自1990年以来，主要的增长在发展中国家（亚太地区为年均7.3%），而在经济转型国家实际上是以年均5.0%的速度在下降。汽油－电力混合燃料汽车与可比容量4座位汽车相比，燃料经济性已经提高50% － 100%，已经能够在商业基础上得到引进。从木材、能源作物、以及

[7] 国际能源机构报告工业和交通部门的数据，但不报告建筑、农业部门的数据，而是将其归为“其它”。在这一节中，这些部门的能源利用和CO_2排放信息通过分配法估算，电力转换系数采用标准值33%。此外，经济转型国家的数据来源不同（英国石油公司统计）。因此，部门数据与3.2节的整合值尽管趋势一致，但可能有出入。总之，经济转型国家的数据以及建筑部门中的商业和居民建筑子部门的数据存在不确定性。

[8] 不同研究估计的潜力不同，但第3、4节中的潜力指社会经济潜力，如图TS-7所示。

[9] 所有成本均以美元计。

表TS-1：根据预期的社会经济发展潜力估算的2010至2020年能源效率和能源供应技术的温室气体减排量及吨碳当量减排成本，按全球或地区估算，不确定性程度存在差异。

	地区	美元 / 吨碳 −400 −200 0 +200	2010 潜力[a]	2010 可能性[b]	2020 潜力[a]	2020 可能性[b]	参考资料、评论和本报告第3章相关章节
建筑 / 家电							
居民部门	经合组织/经济转型国家		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Acosta Moreno et al .,1996;
	发展中国家		◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Brown et al .,1998
商业部门	经合组织/经济转型国家		◆◆◆◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	Wang 和 Smith,1999
	发展中国家		◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	
交通							Interlab. Working Group,1997
汽车效率提高	美国		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	Brown et al,1998;US DOE/EIA,1998
	欧洲		◆◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	ECMT,1997(仅8个国家)
	日本		◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	Kashiwagi et al,1999
	发展中国家		◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇	Denis和Koopman,1998;Worrell et al,1997b
制造业							
CO_2去除－化肥、炼油	全球		◆	◇◇◇◇	◆	◇◇◇◇	表3.21
材料效率提高	全球		◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	表3.21
混凝土	全球		◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	表3.21
化学工业N_2O减排	全球		◆	◇◇◇◇	◆	◇◇◇	表3.21
铝业PFC减排	全球		◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	表3.21
化学工业HFC−23减排	全球		◆◆	◇◇◇	◆◆	◇◇◇	表3.21
提高效能	全球		◆◆◆◆◆	◇◇◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇	表3.19
农业							
加强保护耕地和农田管理	发展中国家		◆	◇◇	◆	◇◇	Zhou,1998;表3.27; Dick et al.,1998
	全球		◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	IPCC,2000
土地碳吸收	全球		◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	Lal和Bruce,1999;表3.27
氮肥管理	经合组织		◆	◇◇◇	◆	◇◇◇	Kroeze & Mosier, 1999; 表3.27
	全球		◆	◇◇◇	◆◆◆	◇◇◇◇	OECD,1999;IPCC,2000
肠道甲烷减排	经合组织		◆◆	◇◇	◆◆	◇◇◇	Kroeze & Mosier, 1999; 表3.27
	美国		◆	◇◇	◆	◇◇◇	OECD,1998; Piemer & Freund,1999
	发展中国家		◆	◇	◆	◇◇	Chipato,1999
水稻灌溉和施肥	全球		◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇	Piemer & Freund,1999; IPCC,2000
废弃物							
垃圾填埋甲烷收集	经合组织		◆◆◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	Landfill methane USEPA,1999

表TS-1：（续）

	地区	美元／吨碳 −400 −200 0 +200	2010 潜力[a]	2010 可能性[b]	2020 潜力[a]	2020 可能性[b]	参考资料、评论和本报告第3章相关章节
能源供应							
核能替代煤炭	全球		◆◆◆◆	◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇◇	总量[c]－参见3.8.6节
	附件－国家		◆◆	◇◇	◆◆◆◆	◇◇	*表3.35a*
	非附件－国家		◆◆	◇◇◇	◆◆◆◆◆	◇◇◇	*表3.35b*
核能替代天然气	附件－国家		◆◆◆	◇	◆◆◆◆	◇	*表3.35c*
	非附件－国家		◆	◇	◆◆◆	◇	*表3.35d*
天然气替代煤炭	附件－国家		◆	◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	*表3.35a*
	非附件－国家		◆	◇◇◇◇	◆◆◆◆	◇◇◇◇	*表3.35b*
煤炭产生的CO_2收集	全球		◆	◇◇	◆◆	◇◇	*表3.35a+b*
天然气产生的CO_2收集	全球		◆	◇◇	◆◆	◇◇	*表3.35c+d*
生物质能替代煤	全球		◆	◇◇◇◇	◆◆◆	◇◇◇◇	*表3.35a+b*
							Moore,1998；Interlab w. gp. 1997
生物质能替代气	全球		◆	◇	◆	◇◇◇	*表3.35c+d*
风能替代煤或气	全球		◆◆◆	◇◇◇		◇◇◇◇	*表3.35a−d*
							BTM Cons 1999；Greenpeace,1999
煤+10%生物质能	美国		◆	◇◇◇	◆◆	◇◇◇	Sulilatu,1998
太阳能替代煤	附件－国家		◆	◇	◆	◇	*表3.35a*
	非附件－国家		◆	◇	◆	◇	*表3.35b*
水电替代煤	全球		◆◆	◇	◆◆◆	◇◇	*表3.35a+b*
水电替代气	全球		◆	◇	◆◆	◇◇	*表3.35c+d*

注：

[a] 指对应于给定吨碳减排成本范围的潜力。

◆ =<20MtC／年　◆◆ =20−50MtC／年　◆◆◆ =50−100MtC／年　◆◆◆◆ =100−200MtC／年　◆◆◆◆◆ =〉200MtC／年

[b] 基于文中所述成本，实现该水平减排潜力的可能性。

◇= 很不可能　◇◇= 不可能　◇◇◇=可能　◇◇◇◇= 很可能　◇◇◇◇◇= 非常可能

[c] 能源供应总的减排选择中，假定由于各种原因而不能全部实现减排潜力，包括总项下各子项技术之间的相互竞争。

废料制造出的生物燃料在未来交通部门的作用也在不断增加，如纤维物质经酶水解制取乙醇已经更具成本效益。同时，有免税政策支持的生物质柴油已经在欧洲市场占有份额。但是，发动机设计的进一步改进大部分是为了提高性能而不是提高燃油经济性，这一点自第二次评估报告以来一直没有改善。燃料电池驱动的汽车发展很快，计划在2003年进入市场。下一代飞机在技术和经济上有可能在燃料经济性方面获得明显进步。然而，许多对技术效率提高的评估显示（表TS−3），由于交通需求的增长，仅靠效率的提高还不足以避免温室气体排放的增长。而且，还有证据显示，在其他因素相同的情况下，提高燃料效率的努力仅对减排有部分效果，因为单位运行成本降低将导致机动车年行驶里程增加。

表 TS-2：各部门的技术选择、障碍、机会及对生产的影响

技术选择	*障碍与机会*	*部门减排政策的含义*
建筑、居民和服务业：全球各地区都存在数百种提高电器、设备和建筑结构能源效率的技术和措施。据估计，发达国家和经济转型国家在2010年可以-250美元到- 150美元/吨碳的成本，每年从民用建筑减排CO_2达3.25亿吨碳，发展中国家则以-250美元/吨碳到 50美元/吨碳的成本减排1.25亿吨碳。类似地，在2010年，发达国家和经济转型国家以-400美元/吨碳到-250美元/吨碳的成本从商业建筑减排1.85亿吨碳，发展中国家以-400美元/吨碳到0美元/吨碳的成本从商业建筑减排8000万吨碳。相对于中间情景如SPES B2标志情景而言，这些减排量相当于2010至2020年建筑及排放量的30%。	障碍：发达国家的市场结构不利于提高效率、错误的激励、缺乏信息；发展中国家缺少资金和技能、缺乏信息、传统习惯和行政定价。 机会：开发更好的市场渠道和技能、以信息为基础的市场、发达国家的自愿计划和标准已经表明可以克服障碍。可支付信贷、能力建设、信息基础和消费者意识、标准、促进能力建设的激励机制、给能源工业松绑等都是针对上述发展中国家障碍的方法。	服务业：产出和就业将增加，取决于减排政策如何实施。不过一般而言，增幅不大而且分散。 居民和其它部门：减排对居民部门的直接影响来自于居民用能技术和价格的变化，间接影响来自于收入和就业的宏观经济效果。其中一项重要的协同效应是室内、室外空气质量的改善，尤其是在发展中国家和世界各地的城市地区。
交通：轻型汽车技术的进展比第二次评估报告预测的要更快，这是国际研发努力的结果。双燃料电动汽车已经在市场出现，主要汽车厂商宣称2003年可以生产燃料电池汽车。技术效率进步的减排效果将由于反弹效应而被部分抵消，除非制订有效提高燃料价格或旅费的政策。在燃料价格高的国家，例如欧洲国家，反弹效应可达40%；在燃料价格低的国家，例如美国，反弹效应不超过20%。考虑到反弹效应，与连续增长的基线情景相比，技术措施到2010年和2020年可分别减排5-15%和15-35%。	障碍：交通工具生产厂家的风险是更迅速地采用能源效率技术的重要障碍。为实现有意义的能源效率进步，一般都要求全新的再设计，伴随着对新的生产设备的数十亿美元的投资。另一方面，对消费者而言，更高效率的价值在于所节约燃料的现值与增加的购置价格之间的差额，通常很小。虽然从技术角度讲，交通工具市场仅由少数几家公司控制，但从为战略决策失误所需付出的高昂代价来讲，它们之间的竞争是很激烈的。最后，提高能效的很多收益是社会效益而非私人收益。由于上述原因，生产厂家认识到为提高能源效率而大规模改变技术的风险一般比直接的市场效益要大。在许多国家，大量的共有和私有投资投向交通基础设施建设、以及为适应汽车旅行而营造的环境，是改变运输方式构成的重大障碍。 机会：信息技术为对从交通拥堵到环境污染在内的部分交通外部成本定价提供了新的机会，实施更有效的定价方法将给设备和模式结构两方面的能源效率提高提供激励，交通工具市场中存在的阻碍采用高效燃料技术的因素，为能	交通：交通需求仍将继续增长，温室气体减排政策的影响是有限的。在近期和中期，只存在替代含碳化石燃料的有限的机会。减排政策的主要效果将是提高所有运输方式的能源效率。

表 TS-2:(续)

技术选择	*障碍与机会*	*部门减排政策的含义*
	源效率法规——无论是自愿性的或是强制性的-的有效性创造了条件。设计良好的法规可以消除大规模技术变化的大部分风险,因为所有的竞争者都面对同样的法规。反复研究的结果表明,能够使碳强度减少 50%、从长期来说是减少 100%的技术是存在的,而且几乎是成本有效的。最后,轻型汽车的深入研发投入已经在混合动力机车和燃料电池技术方面取得了引人注目的进步。如果类似的努力能投向公路货运、航空、铁路和海运交通技术,将可以获得潜在的重大效益。	
工业: 工业部门的主要减排选择是提高能源效率,尤其在发达国家提高能源效率方面已经作了很多工作,但是仍然存在进一步减排的选择。与SPES B2 情景相比较,到 2010 年和 2020 年可以分别减排 300-500MtC/年和 700-1,100MtC/年,这些选择的大部分为负成本。一般而言,工业部门的非 CO2温室气体排放量相对较小,而且可以中等或有时是负成本减排 85%以上。	障碍: 缺乏完全成本定价,能源在生产成本中的比例相对较低,缺乏有关部分消费者和生产者的信息,在所有国家、尤其是发展中国家,资金和熟练技术人员的不足是工业部门的关键障碍。 机会: 区域环境立法,自愿行动,特别是通过政府的努力来完成的自愿行动; 直接补贴和税收是成功克服上述障碍的途径。立法、制定标准、更好的市场尤其适用于轻工业部门。	工业: 减排预期将导致附件一国家制造业的结构变化(部分由私人消费需求变化引起),收益于节能设备和低碳技术的供应,高耗能行业不得不改变燃料、采用新技术或提高价格。然而,反弹效应可能导致预料之外的负面结果。
土地利用变化和森林: 在土地利用或管理中可以有三种基本方式减缓大气中 CO2浓度的增加: 保护、吸收和替代 a。这些方式的时间模式不同,因此,选择哪种方法以及其潜在效果如何将取决于希望的时间框架以及当地的生产率和历史干扰情况。按第二次评估报告估算,到2050年,这些措施大约可以使全球大气中的碳减少830亿吨碳到1310亿吨碳(其中 600~870 亿吨碳来自森林减排,230~440亿吨碳来自农业土壤减排)。这一估算值在此后的公开研究中都基本没有变化。相比其他方式,陆地管理的成本要低得多,在 0 美元/吨碳("双赢"机会)到 12 美元/吨碳之间。	障碍: 土地利用变化和森林中的减排障碍包括: 缺少资金、监控及验证人员和机构的能力不足、社会制约因素(如食物供应)、人类生活对自然森林的依赖、对土地开垦的鼓励、人口压力、对肉制品的需求所导致的牧场区域的扩大等等。在热带国家,森林活动一般都由政府森林部门管理,地方社团及私营企业的参与很少。在某些热带地区,特别是非洲,农作物的低生产率、森林产品需求对农作物和薪柴的竞争都有可能会降低减排的机会。 机会: 在土地利用和森林中,需要通过激励措施和政策来实现技术潜力。它们可以是政府法规、税收和补贴,也	温室气体减排政策可以对土地利用产生很大影响,尤其是在碳吸收和生物燃料生产方面。在热带国家,大范围的减排活动有助于保护生物多样性、增加农村就业、保护流域,对可持续发展做出贡献。为实现这些目标,有必要对机构进行调整,增加当地社团和产业界的参与,并藉此降低政府在森林管理中作用。

表 TS-2:(表)

技术选择	*障碍与机会*	*部门减排政策的含义*
	可以是经济激励措施，如对《京都议定书》中提到的被捕获和控制的碳量给予市场报酬(这取决于议定书在 COP 决议后的实施情况)。	
农业和废弃物管理：全球每年的能源投入以低于1%的速度增加，其中非经济合作与发展组织国家增长的速度最快，而经济转型国家已经在下降。目前已有一些温室气体的减排选择，它们的投资在－50美元／吨碳到150美元／吨碳之间。包括：农田管理所增加的碳储量（到2010年达1.25亿吨碳／年）、畜牧管理改善和水稻生产改善所减少的CH_4排放（分别为3000万吨碳／年和700万吨碳／年）；土壤碳吸收（5000–10000万吨碳／年）和动物废弃物中减少的N_2O 排放。如果能实现技术转移并对农民改变其传统方式给与奖励，这些减少氮排放的措施在大部分地区都是可行的。用农作物能源替代化石燃料具有良好的应用前景，前提是其成本更具竞争力并且能保证农作物生产的可持续性。通过废弃物管理的改善，到2010年可以使温室气体排放量比1990年（温室气体排放量为2.4亿吨碳当量）减少2亿吨碳当量，到2020年减少3.2亿吨碳当量。	障碍：农业和废弃物管理中的障碍主要包括：缺少研发资金、缺少知识产权、发展中国家人员和机构能力上的缺乏和信息上的缺乏、在农场水平难以采取相应措施、发达国家缺少对养殖者接受新型畜牧技术的激励和信息（需要其他效益，而不仅仅是温室气体减排）。 机会：信用体制的延伸、研究优先领域的改变、国家间机构联系的加强、对土壤碳进行贸易、将食物、纤维、能源产品结合起来等措施是解决这些障碍的方法。这些措施应与可持续生产方式的发展趋势保持一致。 如果已有土地用于粮食和纤维生产并且有水资源的话，能源用农作物种植也有助于土地利用的多样性。	能源：森林和土地管理可以提供多种可再生的固体、液体和气体燃料，来替代化石燃料。 材料：森林和其他生态材料产品用于建筑、包装、造纸和其他用途，与其他提供同样服务的替代材料相比，能源消耗量要少。 农业／土地利用：碳吸收和碳管理所需要的大量土地可能与其他对土地的需求（如农业用地）一致或产生矛盾。由于对生物质燃料生产需求的增加，温室气体减排在很多地区都会对农业产生影响。可耕地竞争力的增加将会抬高粮食和其他农业产品的价格。
废弃物管理：利用垃圾填埋和煤层中的甲烷。利用垃圾填埋气供热和发电在不断增加。在一些工业国，特别是在欧洲和日本，通过纸和纤维的回收或者利用废弃物能源转化设备将废纸用作生物燃料，废弃物能源转化设备的效率在不断提高，相应的大气污染物排放也更少。	障碍：在许多发展中国家的新兴市场中，对垃圾气的管理或减少废弃物还做得很少。 机会：像美国和德国这些国家已经有专门的政策来减少产生甲烷的废弃物和／或要求将垃圾源的甲烷作为能源利用。对一半的垃圾甲烷来讲其回收成本是负的。	
能源部门：在能源部门，已有的技术选择不仅可以实现转换效率的提高，还能在增加一次能源使用的同时通过脱碳和减少温室气体泄漏等措施减少单位能源生产的温室气体排放量。回收煤层甲烷气、提	障碍：主要的障碍是人员及机构能力、不完善的资本市场阻碍了对小型分散系统的投资、投资回报率难以确定、关税高、缺少信息、缺少减排技术的知识产权等等。对可再生能源来说，初期	煤炭：与不采取额外的气候政策下的能源供应预测相比，煤炭生产、消费和就业将会因为温室气体减排政策而下降。但如果新的煤炭生产政策也鼓励清洁煤生产技术的话，调整的成本会低得多。

表 TS-2:(续)

技术选择	*障碍与机会*	*部门减排政策的含义*
高燃煤燃气电厂能源效率、以及热电联产等“双赢”选择都有助于减排。但随着经济发展，仅靠提高效率将不足以控制能源部门温室气体排放。新型的可再生能源是一种减少单位能源生产排放的选择，它已经显示出强劲的增长趋势，但它在全球能源生产中所占的份额仍小于1%。通过捕获和去除 CO_2 以实现“清洁能源”的技术也得到提议，这种技术将非常有助于将成本降到可与可再生能源竞争的水平，但还要通过对其可行性和可能的环境影响进行大量的研究来决定其使用。核电以及在某些地区的更大规模的水电也可以起到重要的作用，但它们面临成本和可接受性的问题。新兴的燃料电池技术有望在未来几十年内为提高能源转换效率提供机会。	成本高、缺乏资金以及对化石燃料的补贴是主要障碍。 机会：对发展中国家来说，包括：促进能源供应和需求的增加、通过创造一个激励的环境来加快设备和技术的转移、能力建设、是实现清洁和高能效技术转移的合适机制。全成本定价和信息系统为发达国家提供了机会。技术改进和化石燃料生产和使用减少所带来的附加效益可能是巨大的。	石油：全球减排对策有可能导致石油生产和贸易的下降，与不采取这种政策相比，能源出口者将面临收入的下降。但是，对实现《京都议定书》目标时石油价格的影响可能比模型所预测到的严重程度要小，因为在模型中常常不包括实现减排目标时其他非 CO_2 温室气体的减排对策以及灵活机制。 天然气：未来20年中，根据区域或当地条件的不同，减排对天然气的使用可能产生正面或负面影响。对附件一国家的发电行业来说，任何从煤炭和石油的转换会走向天然气和可再生能源。在非附件一国家，转向天然气的潜力更大，但还需要考虑能源安全和国内可供资源的问题，特别是对中国和印度这些煤炭资源多的国家来说。 可再生能源：可再生资源是非常多样的，减排作用依赖于技术发展。在不同地区之间由于资源禀赋条件有所不同。但是，减排政策非常可能为可再生能源工业的市场提供了更大的发展空间。在那种情况下，成本下降和增强功效的研究与开发，以及增加对可再生能源的资金流将增加其应用，并减少成本。 核电：核电存在实质性的技术潜力来减少温室气体排放；这一点是否能实现，取决于相关的成本，政治因素和公众的可接受性。
氢氟碳化物：HFC的排放在增加，因为HFC被用来替代部分正在禁止使用的臭氧层破坏物质。与SPES对2010年HFC的预测相比，估计当减排成本低于200美元/吨碳当量时，其排放可以减少1亿吨碳当量。估算中大约有一半的减排量是由于SPES基准线的值高于本报告中基准线的值所导致。其余的减排量可以通过密封、回收和再利用致冷剂来减少排放，或通过替代液体和技术来实现。	障碍：未来与气候变化和臭氧层破坏相关的HFC政策的不确定性。 机会：新技术的开发。	

表 TS-2：（续）

技术选择	*障碍与机会*	*部门减排政策的含义*
生态工程：就海洋生态系统和地球工程的减排机会来说，人类对生物物理系统的认识，以及许多伦理、法律、公平的评价仍然是初步的。	障碍：对于地球工程，出现非期望后果的风险非常大，甚至无法对温度和降雨的区域分布进行过程控制。 机会：一些基本的调查是可以的。	部门还不存在：不可用

[a]“保护”指维护和保存现有碳库——包括在植被、土壤有机质、生态系统输出物中的碳的主动措施(如防止热带森林向以农业为目的的转换、避免湿地干涸等)。“吸收”指特意采取的增加高于现有碳库的碳存储的措施(如造林、改进森林管理、在林产品中增加碳存储、改变种植系统（包括种植更多的草料）、减少耕地等)。“替代”指用可再生生物产品替代化石燃料或高能耗产品并由此来避免化石燃料燃烧产生的 CO_2 排放的行为。

[b]地球工程包括通过直接控制地球的能源平衡来稳定气候系统以克服温室效应的努力。

表 TS-3：美国五所实验室预测的交通能源强度

指标	*1997*	*2010*		
		BAU[a]	*能源效率*	*HE/LC*[a]
新型轿车，升／100 公里	8.6	8.5	6.3	5.5
新型轻型卡车，升／100 公里	11.5	11.4	8.7	7.6
轻型汽车，升／100 公里[b]	12.0	12.1	10.9	10.1
飞机效率，座－升／100 公里	4.5	4.0	3.8	3.6
货车，升／100 公里	42.0	39.2	34.6	33.6
铁路效率，吨公里／百万焦耳	4.2	4.6	5.5	6.2

[a] BAU，指照常发展情景；HE/LC：高能源／低碳

[b] 包括现有轿车和轻型卡车

3.3.3 工业部门主要减排选择

1995 年的工业排放占碳排放的 43%。1971 年到 1995 年间工业部门的碳排放年均增长速度为 1.5%，其中在 1990 年后降低到 0.4%。工业部门一直在不断开发有更高能源效率的工艺并减少工艺过程相关的温室气体排放。工业部门是唯一一个在经济合作与发展组织国家中碳排放每年减少的部门（1990 到 1995 年为－0.8%）。经济转型国家的 CO_2 排放下降得最厉害（在 1990 到 1995 年其工业总产值下降期间，排放量年均下降 6.4%）。

不同发达国家之间，以及发达国家和发展中国家之间工艺过程的能源效率差别仍然很大，这意味着相应的减排潜力在不同国家之间也有很大不同。

工艺过程能源效率的改善是减少温室气体排放的最主要的选择。它可以通过多达数百个特定部门的技术实现，与基准情景相比，全球范围内能源效率的改进潜力估计在 2010 年为 3－5 亿吨碳，2020 年为 7－9 亿吨碳。对于后者来说，需要不断进行技术开发才能实现这一潜力。大部分能源效率改善的选择可以以净的负成本实现。

另外一个重要的选择是提高材料效率(包括循环利用、更高效的生产设计以及材料替代)；它有可能在 2020 年实现 6 亿吨碳的减排潜力。CO_2 减排的其他机会可以通过燃料替代、CO_2 去除和存储、使用掺和水泥等来实现。

许多特定的工艺不仅排放 CO_2，而且也排放其他的非 CO_2 温室气体。己二酸生产企业已经明显地降低了其 N_2O 的排放，铝工业在减少 PFC（CF_4，C_2F_6）排放上也取得了显著成绩。在制造业中以相对较低的吨碳当量减

排成本将非CO_2排放进一步降低到一个低水平是非常可能的。

目前已知的技术选择已经足够发达国家在2010年前减少其温室气体排放的绝对量，足够发展中国家限制其工业部门排放量的显著增长。

3.3.4 农业部门主要减排选择

1995年农业排放仅占全球能源使用碳排放的4%，但其中20%以上的人为温室气体排放主要来源于CH_4和N_2O，以及土地清整产生的CO_2。自第二次评估报告以来，农业部门的能源效率有少量提高，如果对不利环境影响的担心能引起足够关注的话，与植物和动物生产有关的生物技术还能得到更大的发展。(如果可能的话)人类食物从肉制品向植物制品的转移可以提高能源效率，减少温室气体(特别是农业部门的N_2O和CH_4)的排放。农业部门的以下变化在2010年前可以显著减少其温室气体的排放：

- 通过节约耕地和减少土地利用强度加强土壤的碳吸收；
- 通过稻田灌溉管理，改善肥料使用，以及降低反刍动物肠道CH_4排放来减少CH_4排放；
- 通过使用缓释化肥、有机肥料、氮化抑制剂、基因工程制造的豆科植物来避免农业部门人为产生的N_2O排放(在农业部门中超过了化石燃料使用产生的碳排放)。中国和美国的N_2O排放量最大，主要来自于稻田和其他农业土壤中的化肥使用。到2020年，在有更多的选择来控制施肥土壤的N_2O排放时，此部分的贡献还会更大。

农民对这些技术的利用强度有很高的不确定性，因为这些技术的使用可能需要额外的成本。因此，可能需要通过特殊的应对政策来消除经济上的障碍以及其他障碍。

3.3.5 废弃物管理部门主要减排选择

对垃圾填埋和煤矿产生的CH_4的利用已经越来越多。利用垃圾气体供热和发电也在不断增长，因为在诸如德国、瑞士、欧盟、和美国等国家，这是政策所要求的。半数的垃圾填埋CH_4的回收成本是负的。在德国，对产品寿命管理的要求已经从包装扩展到汽车和电子产品。如果每个美国人的人均回收率从全国平均水平提高到华盛顿州西雅图的水平，就可以减少美国4%的温室气体排放量。对于是通过回收纸张和化纤，还是通过在废弃物能源转化设备中将废纸作为生物燃料使用，来实现寿命期温室气体排放的减少，仍存在争议。从温室气体排放角度看，两个选择的结果都好于垃圾填埋。在一些发达国家，特别是在欧洲和日本，废弃物能源转化设备已经变得更加高效，大气污染物的排放也更加低。

3.3.6 能源供应部门主要减排选择

化石燃料将继续主导热力和电力生产。发电的碳排放为21亿吨碳／年，占全球的37.5%[10]，到2010年和2020年分别为35和40亿吨碳／年。在发电部门，如果有充足的天然气供应和相应的基础设施，低成本的燃气联合循环发电（CCGT）(最新型的转换效率已接近60%）将是新电厂的主导选择。基于煤气化联合循环（IGCC）或超临界设计的先进煤炭技术因为有更高的效率，具有以中等成本实现减排的潜力。电力部门撤销管制是目前技术选择的一个主要驱动因素。满足采暖和生产过程需求的分散的工业和商业热电联产（CHP）系统可以带来大量的减排。尽管对基于可再生能源资源或使用燃料电池、微电机和斯特林(Stirling)发动机的分散供电系统的兴趣在不断增长，但在许多发达和发展中国家进行的电力部门的重组对CO_2减排的进一步效果目前还不确定。

核电工业已经在目前设备基础上显著增大了容量因子，这可以充分改善其经济性，使其设备寿命延长具有成本有效性。但除了亚洲，其它计划中或建设中的机组还比较少。开发内在安全和低成本的核反应堆正在积极进行，这是为了降低社会经济障碍和减少公众对安全、核废料存储以及核扩散等的关注。由于水电开发的可用地较少、成本较高以及对当地环境和社会的影响，除了印度和中国的几个大型水电项目外，新水电项目的建设已经放缓。风机的发展非常迅速，年均增长速度已经超过25%，到2000年将达到13GW的装机容量。其它可再生能源如太阳能和生物质能，随着成本下降也在不断增长，但除水电之外的可再生能源在全球所占比例仍低于2%。随着动力强度的增加和成本的不断下降，燃料电池开始

[10] 注意：由于仅列出了上述4个部门的排放情况，分部门的百分比之和不是100%。

具有高效热电联产的潜力。到2010年，煤和生物质能掺和燃烧、薪材的气化、更高效的光伏发电、近海岸风力田、以及基于乙醇的生物燃料等都有可能进入市场。它们的市场份额随着学习曲线成本的下降和现有电厂基础设施的更新有望在2020年前得到增长。

与第二次评估报告时相比，CO_2的物理去除和存储已经成为更可行的选择。利用煤炭或生物质能作为氢的一个来源，并存储废弃的CO_2，体现出迈向氢经济的可能一步。CO_2被存储在含水层，其完整性得到监控。但对那些特定存储池来讲，长期存储仍在论证过程中，还需要通过研究来确定在各种存储选择中出现无法控制时的释放对环境正或负面的影响，以及公众所面临的健康风险。CO_2捕获和存储试验设备有望在2010年投入使用，在2020年对减排作出重要贡献。同生态吸收一样，CO_2的物理去除和存储可以作为目前提高效率、燃料转换以及开发可再生能源等努力的补充，但必须在经济上能够与其相竞争。

本报告考虑了本部门减排技术到2020年在新建电厂的CO_2减排潜力。CCGT有希望成为从目前到2020年全世界范围内新增装机容量的最大贡献者，而且如果天然气供应充足的话还将成为替代新燃煤电站的有力竞争者。如果核电在政治上可接受的话，它在替代煤和气发电时将具有减排潜力。生物质能（主要是来自废弃物、农业和林业副产品）以及风电到2020年也具有作出重要贡献的潜力。水电已是一种成熟的技术，它在减少CO_2当量排放方面的潜力比人们原先预料的要大得多。最后，尽管未来太阳能发电的成本有望大幅下降，太阳能集中发电在2020年前仍是一种昂贵的选择。但太阳能发电可以在机会市场和离网发电上做出更大贡献。最好的减排选择可能取决于当地的条件，如果将所有这些技术组合起来，与本部门到2020的约4亿吨碳的预测排放量相比，可以实现3.5到7亿吨碳的减排潜力。

3.3.7 氢氟碳化物和全氟碳化物的主要减排选择

HFC和PFC的使用已经在增长，到1997年已经替代了约8%（重量比）的CFC；在发达国家，CFC和其他臭氧层消耗物质（ODS）的生产在1996年已经停止，以遵守《蒙特利尔议定书》有关保护平流层臭氧的规定。HCFC已经替代了另外的12%的CFC。其余的80%的CFC已经通过控制排放、降低单耗、替代技术以及包括合成氨、碳氢化合物、CO_2和水等代用液体或者另类技术来消除。选择何种CFC和ODS的替代物随着用途（包括冰箱、移动及固定空调、热泵、医用及其它气雾剂传输系统、灭火器、溶剂等）的不同而不同。兼顾能源效率和臭氧层保护非常重要，特别是在发展中国家，那里的市场刚开始发展并且未来会保持较快的增长速度。

根据目前的发展趋势，假定除替代ODS之外没有别的用途，HFC的产量预计在2010年前将达到37万吨或1.7亿吨碳当量／年，而PFC的产量将不超过1200万吨碳当量／年。2010年的年排放量将更加难以估计。最大的排放源可能是移动空调、之后是商用冰箱和固定空调。目前HFC用于发泡剂的量比较少，但如果用HFC替代一部分HCFC的话，其使用量据预测在2010年将达到3000万吨碳当量／年，排放量将达500－1000万吨碳当量／年。

3.4 温室气体减排的技术和经济潜力综述

全球温室气体排放在1990到1998年之间以年均1.4%的速度增长。自第二次评估报告以来，许多领域与温室气体减排相关的技术进步显著而且超出预期。由于技术进步并被采用，全球范围总的温室气体减排潜力在2010年将达到19到26亿吨碳当量／年，2020年将达到36到50.5亿吨碳当量／年。这一结论来源于大量依据，但也存在一些制约因素。目前还没有详细的对全球范围的技术潜力的研究，现有的地区和国家研究的研究范围通常不同，对主要参数的假定也不同。因此，表TS-1中提供的估计值仅供参考。但上述段落中提到的主要结论还是具有很高的可信度。

各种减排选择的成本依技术而有所变化，并表现出地区的差异性。一半的减排潜力到2020年可以实现，这些减排量的直接效益（节能量）将超过其直接成本（净资产、运行和维护成本），另外一半减排潜力的净直接成本在100美元／吨碳当量（1998年价）左右或者更高。这一估算采用的贴现率是5%到12%，与公用事业部门的贴现率一致。私营企业的内部收益率变化幅度很大，而且常常偏高，这会影响到私营企业对这些技术的采用。根据排放情景，在2010年到2020年可以这种净直接成本将全球排放降低到2000年的水平。这些减排的实现还需要额外

的实施成本（在某些情况下这一成本还可能很高），并且可能需要政策支持（诸如在第6节所描述的那些政策）、研发的加强、有效的技术转移、以及其他障碍的克服等（详见第5节）。

在建筑、交通和工业部门中有数百项技术和措施来减少温室气体排放。在这些部门中，能源效率措施对全部减排潜力的贡献将超过一半。从更长期来讲，材料使用效率的提高（包括回收）将变得更为重要。能源工业及转换部门将仍由便宜和丰富的化石燃料主导。但是，从煤到天然气的转换、电厂转换效率的提高、工业部门、商业建筑和机构中分散热电联供系统的扩展以及CO_2利用和去除等措施将产生显著的减排潜力。核电厂继续利用（包括延长寿命期）以及可再生能源的使用可以避免一些由化石燃料消耗所带来的排放。从一些副产品和废弃物如垃圾填埋气中获得的生物质能是一种潜在的重要能源，还可以在土壤和水资源适合的地方种植能源作物来弥补生物质能源的不足。风能和水电也有一定贡献，而太阳能由于发电成本较高，贡献要小于二者。N_2O和氟类温室气体减排通过技术进步已经实现。一些工艺的改变，如提高密封和再利用、使用替代材料和技术等，已经在进行实施。未来的减排潜力还包括：绝缘泡沫和半导体生产工艺排放的减少以及铝和HCFC－22的副产品排放的减少。与含氟气体消费相关的能源效率提高的潜力与减少直接排放的潜力相当。土壤碳吸收、牲畜CH_4控制、节约耕地等将会对农业部门温室气体的减排作出贡献。

要实现这些潜力，需要有合适的政策。而且，目前的研发工作有望大幅增加未来可用于减排选择的技术范围。如果要实现在表TS−1中所列的长期潜力就需要维持这些研发活动，并进行技术转移。在各部门中保持减排行动与其他目标（如发展、公平、可持续性）之间的平衡，是保证减排行动有效实施的关键。

4. 增强、保持、管理生态碳库和地球工程选择的技术和经济潜力

4.1 陆地生态系统和土地管理的减排

森林、农用土地、和其他的陆地生态系统可以提供大量的、有时是短暂的减排潜力。保存和吸收二氧化碳可以为进一步发展和实施其他选择赢得时间。IPCC第二次评估报告中估计，到2050年大约有600到870亿吨碳可以通过森林保持和吸收，另外的230到440亿吨碳可以通过农业土壤得到吸收。目前对生态减排选择潜力的评估是到2050年达到1000亿吨碳（累计），相当于这期间预测化石燃料排放的10%到20%。本节将对陆地生态系统的生态减排措施进行评价，并着重考虑减排潜力、生态和环境制约因素、经济性以及社会关注等方面的内容。同时，简要讨论所谓的地球工程选择。

通过陆地生态系统的管理而不断增加的碳池仅能抵消化石燃料排放的一部分。而且，如果这种碳保存活动不能持续的话，碳贮存量越大，未来所带来的CO_2排放风险越大。比如说，森林部门放弃防火控制，或农业部门实行高强度耕地，都将导致至少一部分的以前积累的碳的迅速损失。但是，利用生物质能作为燃料或用木材替代一些高能耗材料，可以带来永久性的碳减排效益。在碳减排战略背景下评价陆地的碳吸收机会是有益的，因为控制大气中的CO_2水平可能对两种方法都需要。

大多数生态系统的碳库最终将接近其最大限度。在给定的时间内通过森林管理项目实现的碳存储总量和/或所避免的碳排放量多少取决于具体的管理行为（见图TS−6）。因此，一个在过去已经耗尽碳的生态系统将具有累积碳的巨大潜力，而碳储量已经很大的碳库未来的碳吸收率将比较低。由于生态系统最终将达到其作为碳库的最大限度，其吸收汇（即碳储量变化率）将逐渐消失。尽管在一定阶段碳库及其碳吸收率都会很高，但它们无法同时达到最大。因此，对一个生态系统采取何种管理战略将取决于其目标是增强短期积累量还是在一定时间内维持碳库。两个目标之间是否能达成生态意义上的平衡将取决于过去的干扰历史、当地的生产率、拟定的时间范围等因素的影响。比如说，到2010年使吸收最大化的对策可能无法在2020年和2050年使吸收最大化；在某些情况下，到2010年使吸收最大化还会导致碳存储的逐渐减少。

碳减排对策的效果以及碳库扩展后的安全性，将受到未来全球变化的影响，但是这些变化的影响将由于地理区域、生态系统类型，以及当地适应能力的不同而有所不同。例如，大气中CO_2浓度的增加、气候的变化、营养物循环模式的变化、以及制度变化（或是自然或是人为产生的干扰）每一个都会对陆地生态系统碳库产生负面或正面的影响。

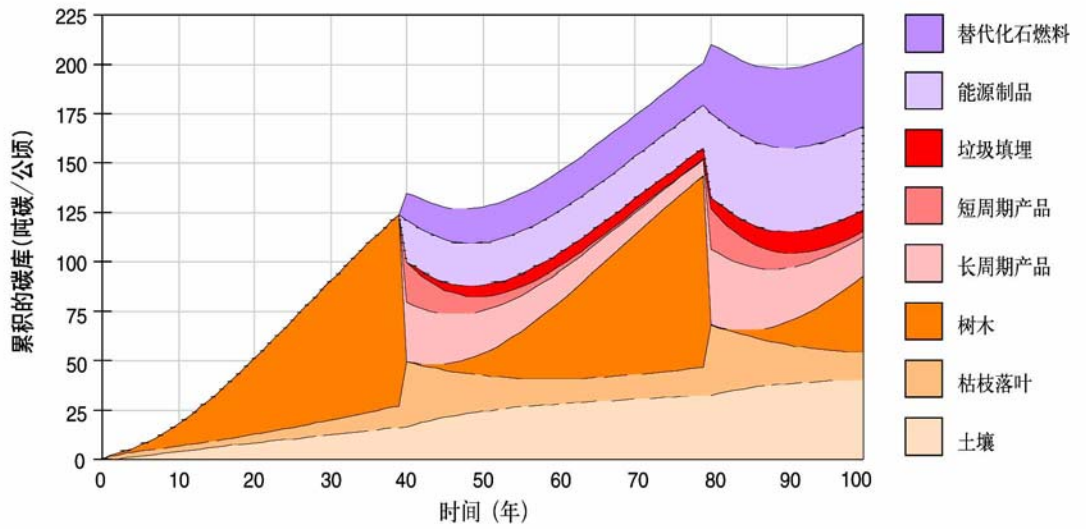


图 TS–6：一个假设的森林管理项目的碳平衡。

注：本图显示了某情景碳累积存储量的变化，该情景涉及再造林及伐木量部分用作传统林产品，部分用作燃料。图中的数值展示了在美国南部和中部欧洲可能观察到的情形。后生树木将碳存储到森林中。(假设的)森林生长周期是每40年收获一次，部分枯枝落叶留在地上腐烂，产品用后积存起来或作为垃圾填埋。同使用化石燃料的替代情景相比或同利用更多高能耗产品来提供同样服务的替代情景相比，在排放量上有一些净的变化，例如，图表显示，化石燃料的排放减少了。

过去，土地管理常常导致碳库减少，但是在许多地区如西欧，碳库目前已经稳定而且在恢复之中。在温带和寒带地区的大多数国家，森林面积正在增加，但是目前碳库仍然比工业化前或史前时期要小。尽管不可能恢复到史前的碳库水平，碳存储量仍然有大量增加的潜力。联合国粮农组织(FAO)以及联合国欧洲经济委员会(ECE)的统计表明，温带和寒带地区管理良好的森林在90年代初期其林木年均净增量超过砍伐量。例如，活木生物量年均增长率在美国为1.7亿吨碳／年，在西欧为1.1亿吨碳／年，大约吸收了该时期全球化石燃料 CO_2 排放的10%。尽管这些估计不包括枯枝层和土壤中的生物量变化，它们说明地表在大气碳收支中发挥着非常重要的作用，并且作用程度也在不断变化。增加这些碳库为气候稳定提供了潜在和很大的机会。

但是在一些热带国家，森林碳存储平均净损失仍然得不到抑制，虽然毁林的速率在过去几十年中有一点下降。在农用地中，已经有一些政策选择从森林或草地的转换中部分地恢复碳的流失.

4.2 社会和经济考虑

在每个国家，土地对许多目标来讲是一种非常珍贵和有限的资源。气候稳定战略与其他土地使用的关系可以是竞争的、中性的，或者共生的。该类文献的一个分析认为，碳减排战略可以作为内容更广泛的可持续发展战略的一个组成部分来执行，在这个全面战略里增加碳的储存量仅是众多目标中的一个。常常在森林、农业和其他土地利用中可以采取措施实现碳减排，同时达到其他社会经济和环境目标。碳减排可以为土地管理和农村发展提供额外的价值和收入。在国家、地区和全球层次上可以根据可持续发展的优先权制定当地的解决方案和发展目标。

使碳减缓活动有效和可持续性的关键，是使它与其他土地利用的生态和／或环境、经济以及社会目标保持平衡。许多生态稳定战略对所有三个目标来讲可以是中性的或一致的，可以成为以“无悔"或"双赢"方式接受。在其他情况下，可能需要一些保证措施。潜在重要的环境影响包括对生物多样性的影响、水资源数量和质量的影响(特别是在目前已经缺乏的地方)以及对生态系统生产率的长期影响等。累积环境、经济和社会影响可以通过单个的项目进行评价，也可以从更广泛范围、国家和国际背景下进行评价。一个重要的问题是“泄漏”— 一个地方不断扩展的和保持的炭库可能会导致其他地方碳排放量增加。在当地、国家和全球水平上的社会接受能力也可能影响稳定政策的有效实施。

4.3 减缓选择

在热带地区有很大机会来减少碳排放，虽然它们不能在一个更广泛范围的森林、农业和其他部门的政策中单独考虑。另外，对策选择根据社会和经济条件的不同而有所变化：在一些地区减缓和停止毁林是一个主要的减排机会；而在其他地区，毁林率已经减小到边际水平，改进森林管理、造林、对毁林地和废弃地的再造林将是最有吸引力的机会。但是目前的减排能力[11]常常弱小，而且也无法提供充足的土地和水源。

非热带国家也有机会维持现有的碳库、加强碳库，或利用生物质能代替化石燃料。这些战略的例子包括火灾和虫害控制，森林保护，建设速生林，改进造林方法实践，在城市种植树木、改进废弃物管理活动，加强农用土地的管理以在土壤中增加更多的碳存储，改进对牧草地的管理，以及退耕还林等。

木材和其他生态产品在碳减排中起到几种重要作用：它们可以作为碳库；它们可以替代需要更多能源输入的建筑材料；它们可以作为可再生能源替代化石燃料。林产品已经在某种程度上对气候减排作出了贡献，但如果基础设施和激励措施能够得到发展的话，木材和农业产品可以成为可持续经济的一个重要要素：它们是为数不多可以大规模利用的可再生能源资源。

4.4 生态碳减排选择的标准

为实施大气 CO_2 减排战略，并促进实现其他同样重要的目标，需要考虑以下标准：

- 不同时间对碳库的贡献
- 碳库维持和创造的可持续性、安全性、复原性、永久性，以及通用性。
- 与其他土地利用目标的可兼容性；
- 泄漏和额外性问题；
- 经济成本；
- 除气候减排之外的环境影响；
- 社会、文化和交叉性问题，以及公平问题；
- 对在能源和物质部门碳流程系统范围的影响；

出于其他原因而采取的活动也可能会增强减排能力。一个明显的例子是热带森林毁林速度的下降。而且，由于富裕国家通常都有一个比较稳定的森林产业，我们有理由认为经济发展与增强碳库的活动是关联在一起的。

4.5 经济成本

大多数研究认为，一些社会生态碳减排的政策选择，特别是森林选择的经济成本，在一定范围内是中等程度的。到目前为止，所报告的生态减排的经济成本变化非常显著，在一些热带国家从0.1美元／吨碳到20美元／吨碳，非热带国家从20美元／吨碳到100美元／吨碳。而且成本计算一般不包括基础设施、合适的贴现率、监控、数据收集和解释，以及土地的机会成本，维护、或常常不包括或忽视的其他发生的成本。这个范围的下界是偏低，但是对成本的理解和处理是随时间不断改进的。而且，在许多情况下，生态减排措施可能有其他的正面影响，如保护热带森林或生成新的森林具有正面外部效应。但是，随着更多生态减排措施的进行和土地的机会成本的上升，生态减排成本将会上升。生态减排成本似乎在发展中国家最低，在发达国家更高。如果生态减排活动是中等程度的，泄漏可能会小。但是，如果生态减排活动是大规模而且分布广泛，泄漏量将上升。

4.6 海洋生态系统和生态工程

海洋生态系统也可以为大气中CO_2的去除提供机会。海洋生态圈中固定的碳存储量非常小，但是，可以致力于利用生态过程将大气中的 CO_2 去除并将其传输到深层海洋中，而不是增加生态圈中的碳储量。一些初步的试验已经进行，但是还有大量的根本性问题有待解决，比如有关碳去除的性能和稳定性，以及必须对生态系统进行大规模的人为操纵才能显著影响大气组成，其所带来的不可见后果等问题必须得到解答。另外，这种方法的经济性还不明确。

生态工程包括为稳定气候系统而直接控制地球的能量平衡，由此减缓正趋强的温室效应。虽然有对陆地能量平衡进行工程控制的可能性，但人类对该系统的认识还很初浅。非预期后果的可能性还很大，甚至还不可能对区域的温度、降雨等的分布进行控制。生态工程不仅面临着科学和技术上的难题，还面临着许多伦理、法律和公平性问题。然而，对生态工程做一些基本的探究工作确实是必要的。

[11] 减排能力：有效减排所需要的社会、政治和经济结构和条件。

实际上，到2010年土地利用、土地利用变化以及森林活动的减排可以导致CO2排放的明显减少。许多这些活动是与土地管理的其他目标相一致的，或相补充的。将海洋生态系统作为碳库或在气候变化减排中应用生态工程技术的总体效果还不确定，因此还不能在近期应用。

5．技术转让中存在的障碍、机会和市场潜力

5.1 引言

能够减少温室气体排放的技术在转让时通常遇到障碍[12]，从而减缓了向市场的渗透。在减缓温室气体不同潜力的框架下，探讨通过消除障碍或者加速技术的传播来降低温室气体浓度的机会[13]（见图TS–7），图中最下方开始是市场障碍（通常称为市场失效），它是指在市场、公共政策和其他体制中存在的阻碍技术扩散的障碍，这些技术在不考虑温室气体减排效益的情况下对使用者来说也是（或将是）成本有效的。消除此类“市场和体制缺陷”后，将使减缓温室气体朝着实现“经济潜力”的方向努力。“经济潜力”是指所有对消费者而言成本有效的技术得到实施的情况下，所能获得的温室气体减排潜力。由于经济潜力是从消费者角度来衡量，因此对成本有效性的评价必须基于市场价格、个人的时间贴现率以及消费者对技术性能的偏好。

当然，消除所有的市场和体制障碍还不足以达到“技术潜力”程度的技术扩散。经济和技术潜力之间存在的差距通常由两组障碍造成，并被位于两者之间的社会经济潜力区分开。第一组的障碍源自在新技术扩散时人们的喜好和其他社会文化因素。这意味即使克服市场和体制障碍，一些减排技术仍然不会被广泛采用，因为人们不喜欢，用不起，或者当前的社会和文化氛围与它们相抵触。如果克服市场和体制障碍后，再消除第二组障碍，即实现“社会经济潜力”。因此，社会经济潜力代表克服成本有效技术面临的社会和文化障碍后，温室气体减排的潜力。

最后，即使消除所有的市场、体制、社会和文化障碍，一些技术仍然不会被广泛采用，这仅仅是因为这些技术过分昂贵。如果能够克服这个先决条件，人类就能达到“技术潜力”，即通过技术扩散降低温室气体排放的最大技术可行性。

这个框架中出现一个问题，即如何对待不同技术产生的环境成本。因为本研究的最终目的是找出全球气候变化政策的机会，因此确定技术潜力时没有考虑温室气体的影响。分析与其他环境影响相关的成本和效益是计算经济潜力的成本效益分析的一部分，但只包括那些现有环境法规或政策已经内部化的、对消费者的影响。还有更广泛的影响被消费者忽视了，所以没有在经济潜力中考虑它们，但在社会的成本效益计算中予以考虑。因此，有些产生环境效益的技术具有社会成本有效性，但从消费者角度看并不成本有效，这些技术产生的温室气体减排效益被纳入到社会经济潜力中。

5.2 障碍和机会的来源

为温室气体减排作出贡献的技术和社会创新是与研究、试验、学习和开发有关的复杂的过程。有一些理论和模型是用来理解它的特征、驱动力和意义的。新的知识和人力资本是通过增加研发、在实践中学习以及／或演变过程的产物。绝大多数的创新要求用户改变行为或社会转变。快速变化的经济、社会和体制结构为各国采用温室气体减排技术走向可持续发展道路提供了机会。这个道路将受到社会经济背景的影响，社会经济背景是对价格、融资、国际贸易、市场结构、体制、信息提供以及社会、文化和行为因素的反映。其中的主要内容如下所述：

*不稳定的宏观经济条件*对私营投资和融资带来风险。政府不良贷款和财政政策会导致长期的公共赤字和私营部门的资金流动差。政府还可能制定相反的微观经济激励政策，它鼓励追求租金和腐败，而不是有效利用资源。还存在有利于低效技术、阻碍获得外国技术和减慢技术扩散速度的贸易壁垒。官方发展援助仍以带有附加条件的援助为主。它扭曲了技术选择的效率并可能排除了有活力的商业模式。

*商业融资体制*在开发“绿色”金融产品时面临高风险。环境友好技术项目的相对规模小，还款时间长，交易成本高，阻碍银行投资。价值小也使其很难利用融资手

[12] 障碍是指通过政策、计划和措施能够克服所达到的潜力。
[13] 机会是指能够减少技术和实践的市场潜力与经济、社会经济或技术潜力之间的差距的某个情况或条件。

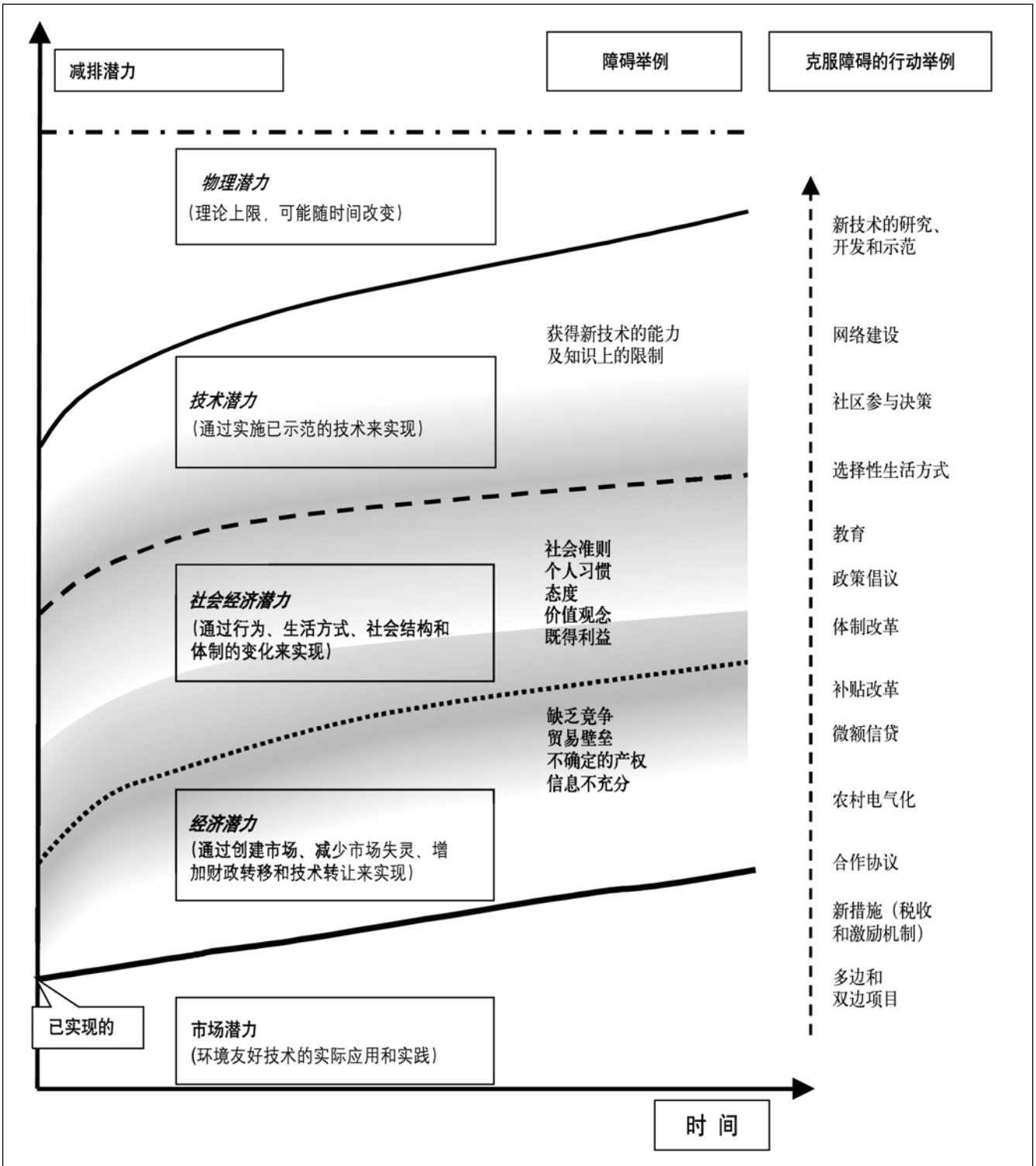


图 TS–7： 环境友好技术的渗透：一个概念性的框架。

段，如项目融资。在私营部门解决以上问题采用的创新手段包括，租赁、环境和伦理银行、针对低收入家庭发放小额信贷和赠款、环境基金、能源服务公司（ESCO）以及绿色风险投资。保险业已经对气候变化风险做出了反应。新的绿色金融体制，例如林业投资基金已经通过抓住现有森林的价值而找到了市场机会。

*价格扭曲或不完全价格*也是重要的障碍。对某些影响（外部性），如环境破坏，缺乏市场价格也是传播环境友好技术的障碍。由于税收、补贴产生的价格扭曲和其

他政策干预使消费者使用资源时更便宜或昂贵，这也阻碍资源节约型技术的传播。

*网络外部性*也会制造障碍。一些技术的操作方式是某个用户使用设备并与其他用户相互作用来产生“网络外部性”。例如，使用其他替代燃料的汽车的吸引力在于是否有便利的燃料添加设施。另一方面，建立添加燃料的基础设施又取决于这些汽车的需求。

*不当的激励*来源于房东与房客之间的关系是房客负担每月的燃料费用和／或电费，而房东不考虑每月的能源消耗，只想买初始投资最便宜的设备。公司购买车辆供职员使用时也会遇到类似情况。

交叉利益：在技术进步中一个主要障碍是掌握传统技术的一方有既得利益，他们会串通一气向政府施加政治压力，运用行政手段、税收、贸易壁垒和规定来推迟甚至阻止创新，以免其利益受损。

*缺乏高效率的规章制度制定机构*阻碍了环境友好技术的导入。许多国家对环境保护有很好的宪法和法律要求，但后者不能很好的实施。但是，来自非政府组织、贸易协会、社区组织等的社团压力形成的“非官方规定”可以代替一定的法规压力。

*信息*通常被认为是公共物品。关于不同技术的可获得性以及它们的性能特点的信息应作为“公共物品”，而且在私营市场上没有充分提供。这个问题变得更严重，因为即使一项技术应用了，通常由于测量错误和确定基准线的难度使节能的定量化很困难。如果人们知道一项技术存在很大的不确定性，就会阻碍技术扩散。

*当前*的生活方式、行为和消费模式是在当前的和历史的社会文化条件中发展起来的。行为和生活方式的改变是各种过程相互作用的产物：

- 科学、技术和经济发展；
- 世界主流观念和公众舆论的发展；
- 机构、政治联盟或网络之间关系的变化；
- 社会结构或公司间、家庭间关系的改变；
- 心理动机（如方便程度、社会特权、职业等）的变化。

在以上各个过程中，障碍以不同形式出现。

在某些情况下政策的发展是以人类心理模式为基础，这遭到广泛批评。模式假设人们是理性的福利最大化者并有一套固定的价值观。这种模式无法解释人类行为中学习、习惯、价值观形成或理性的过程。社会结构会影响消费，例如将目标与地位和品味相结合。个人选择可持续消费模式取决于这样的模式与需求之间的适应，以及他们对消费模式的理解，以便做出选择。

不确定性：另一个重要的障碍是不确定性。消费者可能对未来的能源价格以及节能不确定。另外，还对下一代设备存在不确定性，明年会不会有更便宜和更好的型号？在实际的决策中，障碍通常与沉没成本、基础设施的长期性以及基础设施资产融通能力差造成的投资不可逆性等有关。

5.3 特定的部门和技术障碍及机会

以下各节描述每个减排部门存在的障碍和机会（见表 TS–2）。

建筑部门：任何国家的穷人在本部门受到的影响远比富人大，因为获得资金的渠道不足，识字率低，固守传统习俗，并且需要拿出收入中更大部分满足基本需求，包括购买燃料。其它的障碍有缺乏技能以及社会障碍、不当的激励、市场结构、缓慢的资本存量的周转。在民用建筑实行一体化设计可以节省能源40 – 60%，因此可减少生活费用（见 3.3.4）。

消除民用和商业建筑部门中存在的障碍、降低能源成本和能源消费以及减少碳排放的政策、计划和措施可以分为9大类：自愿性计划、建筑能效标准、设备能效标准、国家市场改革计划、融资、政府采购、税收信用、能源规划（生产、分配和终端利用）以及加强研发。在非洲，可支付得起的信用融资已经被广泛认可，它是克服初期成本高这一障碍的关键措施。由于宏观经济管理不当造成经济条件不稳定，将导致融资的抑制和更大的障碍。在一个能效投资或组织措施的创新过程中，许多障碍是同时出现的，因此通常需要将多项政策捆绑在一起实施，以发挥一项特定技术的经济潜力。

交通部门：在现代社会，人们普遍认为小汽车是自由、活动性和安全、个人地位和身份的象征，是工业经济

最重要的产品。一些研究发现，居住在人口密度大、交通拥挤的城市的人们对小汽车的依赖程度较低，但某些文献中的由郊区向城市转变的主张并不容易执行，即使考虑交通堵塞问题。城市和交通的统一规划以及采用激励政策是交通部门提高能效和节能的关键。在这个领域锁住效应问题是非常重要的：当土地利用形式确定后，几乎没有改变的可能。这意味着发展中国家存在机会。

通常采用征收交通燃料税的措施，但在有些国家被误认为是增加政府财政收入的措施，因而非常不受欢迎。征收道路使用费并将其纳入交通设施建设费用专项资金，已经被人们接受。虽然卡车和轿车的使用目的和行驶里程不同造成障碍和机会不同，但反映温室气体排放完全成本的税收政策对公路交通的二氧化碳减排会产生相同影响。一些研究探索调节现行公路税、执照费和保险费的潜力并发现可以由此减少经济合作与发展组织国家排放量的10%。便捷、高效的公共交通发展不足，使耗能更多的私人车辆的使用得到鼓励。各种保护公路交通利益的政策纠合在一起构成了变革的最大障碍。

新车和旧车和/或其技术绝大部分情况下是从发达国家向发展中国家流动。因此，旨在减少发达国家排放的技术将对发展中国家未来的排放产生重要影响。

工业部门：在工业部门，障碍以多种不同的形式出现并取决于公司的特征（规模和结构）和商业环境。成本有效的能效措施经常不能被充分实施是由于缺乏信息，以及获得可靠信息的高额转移成本。资本被不同的投资重点争夺，而能效投资的障碍率很高。缺少技能熟练的人员，特别是在中小型企业（SME），使得安装新能效设备与只需购买能源相比变得很困难。其它障碍不利于将节能定量化，创新技术进入市场缓慢，同时公司对研发投入不足，即使投资回报率很高。

在发达国家的工业部门采用并测试了广泛的消除障碍的政策和观念，成功率各不相同。信息计划是为了帮助能源消费者理解和采用能效高的技术和实践。环境立法是采用新技术的驱动力。发达国家提高工业能效的新手段还包括自愿协议（VA）。

在能源供应部门，几乎在5.2节提到的所有一般性障碍都限制了环境友好技术和实践的导入。在提高效率的同时，对能源供应越来越放松管制又引起人们的担心。易变的瞬时电价和合同电价，私营投资者的短期期望以及核电和水电的风险使许多国家偏向于选择天然气或石油发电技术，而偏离可再生能源，其中包括水电，但影响程度更低一些。

热电联产（CHP）的效率比单独生产每种能源高出很多。实行热电联产与工业热力负荷、区域供热和供冷网络的可获得性和密度有密切关系。但是，它的实施受到信息缺乏、技术的分散特性、电网的态度、上网条件以及缺乏扶持长期规划的政策等因素的阻碍。需要强有力的公共政策和监管机构来建立和保证统一的条件、透明度以及与电网供电功能分开计价。

农业和林业：研究能力和扩充服务的缺乏会阻碍适合当地条件的技术扩散，而国际农业研究咨询集团系统的减弱更加剧了发展中国家的这个问题。采用新技术还受限于小型农场的规模、信用约束、风险变化、缺少信息和人力资源、农村基础设施以及租赁安排不足和辅助投入的不可靠供应。对农业的关键投入，如肥料、供水、电力和燃料、维持农业系统稳定产出的补贴以及财富的不平等分配扭曲了这些产品的市场。

克服以上障碍的措施包括：

- 扩大信用和制定节约计划；
- 将国际研究经费转向水利用效率、灌溉设计、灌溉管理、适应盐碱化以及二氧化碳浓度升高对热带作物的影响；
- 提高食物安全性并改进灾害早期预警系统；
- 建立有关国家政府之间的联系；
- 将农业产品的投入和产出价格合理化，考虑发展、公平和可持续性问题。

林业部门受到土地利用规定和其它宏观经济政策的约束，这些政策通常倾向于将土地利用转向农业、养牛及城市工业。不稳定的土地使用权制度以及鼓励农业或畜牧业的补贴是影响林业可持续发展以及持续减排二氧化碳的最重要障碍。与减缓气候变化有关的其它问题包括缺乏技术能力、项目基准线的确定缺乏可信度、监测碳储存等方面的挑战。

废弃物管理：固体废弃物和废水的堆放和处理产生

人类活动甲烷排放量的20%。本部门技术转让的主要障碍是资金和体制能力有限，行政管理的复杂性以及需要社区的参与。减缓气候变化项目会面临更多的障碍，因为人们对收集甲烷和进行发电不熟悉，不愿为气候变化付出更多的人力，以及额外的行政管理的复杂性，因为既涉及废弃物处理，又关系到能源副产品的生产和供应。缺少明确的规定和投资框架给项目开发带来很大挑战。

为了克服这些障碍，展现废弃物管理上存在的机会，需要采用多种项目途径，其内容包括：

- 建立废弃物的数据库，数据信息包括可获得性、特征、分配、收集、目前的利用技术和／或处置技术和经济性；
- 对技术转让建立机制，通过协调项目将研发单位、金融机构和工业界联系起来；
- 确定利益相关方的作用，包括地方政府、每个家庭、工业、研发机构和政府。

地区考虑：变化的全球格局为导入温室气体减排技术和实践提供了机会，它们与发展、公平和可持续性的目标是一致的。传统的能源补贴、体制惯性、分散的资本市场和交叉利益等对技术的实施造成了主要障碍，特别是在发展中国家和经济转型国家（EIT）。这两类国家的情况要求做更仔细的贸易、体制、金融、收入、障碍、机会、扭曲价格和信息差距方面的分析。在发达国家，其它障碍包括高碳强度的生活方式和消费模式，社会结构，网络外部性以及激励不当，它们为控制温室气体排放的增加提供了干预机会。最后，新的和旧的技术通常从发达国家流向发展中国家和转型国家。采取全球途径减少排放，以及发达国家向发展中国家转让的技术将对未来排放产生重大影响。

6. 政策、措施和手段

6.1 政策手段和评价它们的可能标准

本节的目的是考察政策和措施的主要类型，这些政策和措施可以用来降低大气中温室气体的浓度。为了与本报告范围一致，那些可以降低适应气候变化成本的政策和措施未被考虑在内。可选的政策手段通过一些特定的标准进行讨论和评价，这些都是以最新的文献为基础。本节还强调了《京都议定书》中提出的手段（京都机制），因为这些都是新的手段，并且集中于如何实现温室气体的限排，它们在国际上的应用程度也是史无前例的。除了经济方面，与政策和措施有关的政治经济、法律和体制方面的问题也将进行讨论。

任何一个国家可以选择很多政策、措施和手段，包括（不分次序）：排放税、碳税或能源税、许可证交易、补贴、抵押－返还系统、自愿协议、不可交易的许可证、技术和性能标准、产品禁令、包括研发投资的政府直接支出。同样，一组国家为了限制集体温室气体排放可以实施其中之一或混合的手段，例如可交易配额、联合履行、清洁发展机制、协调的排放税或碳税或能源税、国际排放税、碳税或能源税、不可交易配额、国际技术和产品标准、自愿协议和财政资源和技术的直接国际转让。

评价政策手段的可能标准包括：环境有效性；成本有效性；分配考虑包括竞争力；行政和政治上的可行性；政府收入；更广泛的经济影响，包括对国际贸易规则的影响；更广泛的环境影响，包括碳泄漏；以及态度、意识、学习、创新、技术进步和传播上的转变。每个政府在评价温室气体减排政策时对不同标准的权重都不同，这取决于国家和部门的实际情况。而且，当政府评价国内和国际政策时对同一个标准的权重也不同。协调的行动可以解决竞争力、潜在的国际贸易规则冲突和碳泄漏问题。

讨论政策选择的经济学文献强调利益集团压力的重要性，主要是对法规的要求。但它们忽略了政治平衡中的“供给方”，这是政治科学文献讨论的重点：制订和实施法规政策的立法者、政府和党派官员，他们最终决定采取哪些政策手段。然而，政策手段的被遵守程度，无论该政策是针对化石燃料使用者还是制造商，是政策工具取舍决策中非常重要的一项政治考虑因素。一种认识认为某种形式的监管会有利于被管制的产业，例如，它将限制进入此产业或使进入的成本增加。对整个产业产生成本的政策依然可以得到公司的支持，因为它们会比竞争者更有利。受管制的公司当然并不是在法规中唯一获益的群体，与其利益相反的群体同样会施展手段争取自己的利益。

6.2 国家政策、措施和手段

对于正在进行体制改革的国家，重要的是理解新的政策条件，以便对温室气体减排政策的可行性进行合理

评价。近期的能源市场自由化的措施主要是为能源和电力市场提供竞争，它还会对排放产生重要影响，如对能源或电力供应的生产和技术模式的影响。从长期看，改变消费模式比单一的实施减排措施更重要。

基于市场的手段——主要是国内税收和国内可交易许可证系统，这些手段在许多情形下将对政府有吸引力，因为它们效率高。这些手段会经常与传统措施联合使用。当实施国内排放税时，政府决策者应考虑征税点、计税基础和部门间的差异，与贸易、就业、收入的关系以及机制的形式。其中每一项都将影响国内排放税的合理设计，而且政治和其它考虑也将起作用。例如，对燃料的能量进行征税会比产生同样减排量的碳税昂贵，因为这种能源税提高了所有能源的价格，无论它们是否产生二氧化碳排放。但是，许多国家不考虑成本有效性而选择能源税是有其他原因的，本节的许多分析适用于能源税和碳税。

承诺温室气体减排的国家还可以实施可交易许可证系统，直接或间接地减少国内的排放。与税收类似，可交易许可证系统也造成一些设计上的问题，如许可证的类型、发放许可证的方式、包括的排放源、遵约以及排放权储存帐户的利用方式。想用一个国内许可证系统囊括所有排放源是不可能的。实现排放源达到既定排放水平的可交易许可证系统的确定性取决于由于许可证价格的不确定性所产生的成本（即遵约成本）。为解决这个问题，可采取混合政策对遵约成本制定上限，但减排水平不能保证。

出于各种原因，大多数国家不会只通过一种政策手段管理温室气体排放，而是一系列手段。除了一个或多个基于市场的政策外，系列政策可能包括标准和其它规定、自愿协议和信息计划：

- 能效标准已经在越来越多的国家显示出节能效果。特别是在调控市场手段能力有限的许多国家，从而帮助它们开发基础管理能力。这些标准需要不断更新以保持效果。标准的主要不利因素是它们可能效率不高，但可以通过把想要达到的结果作为标准，并对如何达标采取灵活性来改进效率。
- 自愿协议可采用不同形式。提倡自愿协议的人强调它的交易成本低，并且意见一致性。怀疑者强调“搭便车”的风险，并且在没有监测和实施的情况下私营部门不会进行真正的减排。自愿协议通常在引入更严格的措施之前实施。
- 普遍认为信息不足是市场失灵的关键问题，将对能效提高和减排产生重大影响。信息手段包括环境标识、能源审计、企业报告要求，在许多能效计划中信息活动是产品营销的一部分。

越来越多的文献在理论上并且用很多模型证明，国内政策手段减排温室气体的经济性取决于对这些手段的选择。基于价格的政策将产生正的边际成本和整体减排成本。这些减排成本与当前的税收结构和要素价格的相互作用是非常重要的。基于价格增加收入的政策可以与提高市场效率的措施联合使用。但是，影响能源服务单位价格改变的非价格政策的作用通常仍是决定性的。

6.3 国际政策和措施

关于国际政策和措施，《京都议定书》规定了三个国际政策手段，即京都机制，包括国际排放贸易（IET），联合履行（JI）和清洁发展机制（CDM）。每个手段都为附件一国家成本有效地实现承诺提供了机会。IET允许附件一国家交换其分配的国家排放权（目标）的一部分。它意味着边际减排成本（MAC）高的国家可以从边际减排成本低的国家获得减排量。同样，联合履行是附件一国家彼此之间交换减排量，并以项目为基础。在清洁发展机制下，附件一国家在项目基础上从非附件一国家获得信用额。

经济分析表明京都机制将大大降低履行京都目标的整体成本。但是，为了实现潜在的成本降低，要求附件一国家采取国内政策，以便使每个实体能够利用这些机制实现他们的国家限排义务。如果国内政策限制使用京都机制，或者国际规则限制它们的使用，会减少节约的成本。

在联合履行机制方面，假定如果不履行国家减排承诺将面临巨额罚款，东道国政府才有动机以确保所核发的减排单位（EPU）是真实的，对于清洁发展机制，独立的减排量认证是关键，因为东道国没有减排承诺，因此在保证真实的、经证实的减排量（CEP）上积极性不足。实施基于项目的机制如联合履行和清洁发展机制的主要困难是确定额外净减排量（或增加碳库）；确定基准线会非常复杂。关于京都机制的一系列问题有待进一步

决策，包括监督和核实程序，资金的额外性（保证清洁发展机制资金不会替代传统的发展援助）以及项目基准线方法的标准化。

发展中国家（非附件一国家）对公约的履行程度取决于环境友好技术的转让和其它因素。

6.4 国家和国际政策手段的实施

任何国内和国际政策手段只有在充分的监督和执行系统的配合下才能有效。在强制性执行与事实上开展的国际合作之间是有联系的。许多多边环境协议强调为履行义务需要协调行为准则，并在世界贸易组织（WTO）和/或关贸总协定（GATT）框架下扩大法律制度。公约和议定书对不履约行为并没有提供解决措施。但是为履行《京都议定书》开发的一些国内政策和措施可能与世界贸易组织条款冲突。国际上环境协议的差异也会对贸易产生影响。

环境协议（包括公约和议定书）中一个重要的考虑是如何寻求广泛的参与。研究国际环境协议的文献预言：参与将是不完全的，可能需要激励来增加参与的广泛性（见第 10 节）。

7. 成本方法论

7.1 基本概念

我们在合理制定政策时需要考虑到利用资源减排温室气（GHG）体将产生机会成本。因为采取减少温室气体排放或增加汇的行动利用了可以做其它用途的资源。在评价这些行动的成本时，应考虑用于保护气候的资源如果被用在商品和服务上的社会总价值。在某些情况下，成本与效益相加为负，社会从减排中获益。

本节在讨论估算气候变化成本的方法论问题时，将重点放在正确评价减排温室气体措施的成本上。评价成本和效益应基于系统分析框架，以保证计算的可比性和透明性。开发一个完整的框架可以用来评价以个人价值观为基础的社会福利的改变而产生的成本，这些个人价值观通过改善环境的支付意愿（WTP）或接受赔偿意愿（WTA）来体现。通过这些价值评价可以衡量一个政策的收益和损失、整体资源成本和机会成本。

虽然这些衡量福利的方法有局限性，而且将其货币化也是有争议的，但人们认为将非市场投入转变为货币形式的方法可以为决策者提供有用的信息。应当在适当的时间和情况下采用这些方法。建立在福利评价基础上的成本方法可以作为更广泛的评价减缓气候变化政策的公平性和可持续性的补充。实践中的关键问题是开发出对主要影响因素一致的和综合的评价方法。

对这种成本方法常见的批评是它不公平，对“受益人”给予更高的权重，这通常因为受益人的支付意愿或接受赔偿意愿比不受益的人高，因此它体现了受益人的意愿。这个批评是正确的，但目前还没有连贯一致的方法来替代现在的评价方法。对公平性的担忧可通过计算基本成本来解决。成本估算是气候变化决策中需要的一种信息，还需要补充其它社会方面的信息，如对主要利益方的影响和实现的扶贫目标。

本节回顾了有关成本评价的方法和使用这些方法产生的问题。

7.2 分析方法

成本评价是决策规则中的输入信息，包括成本效益分析（CBA）和成本有效性分析(CEA)以及多种因素分析。分析方法的不同主要取决于决策框架选取的、认定的和评价的目标不同，一些减排政策的目标以经济单位表示（如以货币衡量成本和效益），一些以物理量来表示（如 CO_2 排放量）。实践中面临的挑战是对所分析的每个重要影响提出一个一致性的、综合的评价方法。

7.2.1 共生效益和成本以及附带效益和成本

文献使用了一些术语来描述与温室气体减排政策相关的效益和成本。它们包括共生效益、附带效益、侧面效益、二次效益、联合效益、相关效益等。“共生效益”是指温室气体减排政策产生的非气候效益，它们在减排政策制定的一开始就考虑了。因此，共生效益指目的在于减排的政策也有至少同等重要的其他目标（例如发展、可持续性和公平性等目标）。与之相反，附带效益是指气候变化减排政策对其产生的问题带来的二次或副效果。

如前所述旨在减排温室气体的政策会产生的其它社会效益和成本(这里称连带或附带效益),一些经验性研究试图评价它们的影响。很显然,附带或共生效益的程度主要取决于分析情景的构造,特别是基准方案中对政策目标的假设。这意味着是否包括某一特定影响主要取决于计划的首要目标。有些从国际角度看是温室气体减排计划,从国内来看,减少当地污染物排放与减排温室气体却是同等重要。

7.2.2 实施成本

所有的气候变化政策被实施时都产生必要的成本,即改变现有规定和规则产生的成本,以满足基本保障,包括培训和教育实施政策的人以及受本政策影响的人等,遗憾的是这种成本没有被全部列入传统的成本分析中。实施成本反映了将计划付诸实施的永久性体制安排,而与成本分析中提到的交易成本是不同的,根据定义,后者是暂时成本。我们需要做许多工作将体制的和其它程序的成本定量化,以使数字更能反映出真实成本,如果计划被实际执行。

7.2.3 贴现

有两种方式来贴现——基于贴现率应该是多少的伦理或规范方法,以及基于人们(储蓄者和投资者)日常生活决策中使用的贴现率的描述性方法。在减排分析中,一个国家的决策至少应该部分依靠反映资本的机会成本的贴现率。发达国家通常为4 – 5%,发展中国家为10 – 12%甚至更高。讨论不同的气候变化减排项目使用不同的贴现率是一个挑战,除非减排项目持续时间非常长。文献表明贴现率随着时间的延长而降低,这就意味着应当对长期内产生的效益给予更高的权重。需要注意的是这些贴现率并没有反映私人回报率,它通常很高,大约10 – 25%。

7.2.4 适应和减排成本及之间的联系

虽然大多数人认为适应行动会影响减排成本,但这在气候政策决策中并没有被考虑。因为政策是分散的——减排是针对气候变化的,而适应被认为是对自然灾害作出的反应。通常对减排和适应的模拟是分别进行的,以便将复杂巨大的事情简单化。因此,通常分别估算减少风险的成本,因为对每项措施都存在潜在的偏差。这说明应对减排和适应之间的相互作用以及经验性结果给予更多注意,但影响的性质和时间的不确定,包括意外的发生将限制相关成本内部化的程度。

7.3 系统边界:项目、部门和宏观

研究者将项目、部门和经济分析区分开。项目级分析考虑“单个”投资并假设对市场不会产生重大的二次影响。它采用的方法有成本效益分析(CBA)、成本有效分析(CEA)和生命周期分析。部门级分析在“局部均衡”的条件下考察部门政策,所有的变量为外生。采用不同的宏观经济和一般均衡模型进行经济分析,探讨政策如何影响所有的部门和市场。应当在评价的详细程度与系统的复杂性之间有所权衡。本节将提出成本分析中使用的关键假设。

有效的评价气候变化减排方案需要结合使用不同的模型。例如,详细的项目评价与部门影响的一般性分析相结合,对碳税的宏观经济研究与大型技术投资项目的部门模型相结合。

7.3.1 基准线

基准方案指在没有气候变化政策干预下温室气体的排放,这是评价减排成本的关键。因为基准情景的确定决定未来的减排潜力,以及减排政策实施的成本。基准方案还包括一些在宏观经济和部门层次上的、重要的、对未来经济政策的模糊假设,包括部门结构、资源强度、价格和技术选择。

7.3.2 考虑无悔措施

无悔措施指负成本的温室气体减排行动,其净成本为负值,因为它们产生直接或间接的效益。例如减少市场失灵,通过税收返还和共生效益产生的双重效益/红利,它们大到足以抵消实施成本。无悔问题反映了对经济运行和效率的特别假设,尤其反映了建立在社会成本概念上的社会福利作用的现实性和稳定性:

- 减少现存的阻碍成本有效的减排措施实施的市场或体制失灵和其它障碍,将在当前的情况下降低私人成本,并且它还会降低整体私人成本。

- 双重效益／红利是指碳税收入返还将抵消其它税收扭曲。
- 附带效益和成本（或附带影响）可以是各种政策措施的协同效益或它们间的平衡，这些政策措施引起的温室气体减排对其它环境政策（如与当地大气污染、城市拥挤或土地和自然资源退化有关的政策）有共同的影响。

市场不健全性

无悔潜力的存在表明市场和制度运作不完善，这是由市场失灵和／或制度失效造成的。市场失灵表现在缺乏信息、扭曲的价格信息、缺乏竞争等等；而制度失效与不适当的管制、产权不明、扭曲的财政体制和受限制的金融市场等有关。减少市场的不健全性意味着有可能制定和实施一些政策，在成本小于效益的前提下，纠正市场和体制失效。

双重红利

在九十年代，人们对来自减缓气候变化政策的双重红利问题进行了广泛的研究。除了改善环境（第一收益）的基本目标外，这些政策如果通过增加收益的措施来实施，如碳税和可交易的排放权，则可以获得能抵消实施这些政策总成本的第二收益。所有的国内温室气体政策都有一个来自于政策工具和财政体系间相互作用的间接经济成本，但是如果政策是通过增加收益的措施来实施，如这一收益被用来改变现有的扭曲政策，则这一成本可以被部分抵消（或效益高于成本）。这些增加收益的政策在实践中能否减少扭曲，取决于这些收益能否被“循环”，并用于减少其他税收。

附带效益和成本（附带影响）

附带影响的定义已在上文中给出。正如上文指出的，附带影响可以是积极的也可以是消极的。重要的一点是我们应该认识到总的和净的减排成本不可能通过简单地将积极影响和消极影响相加而得到，因为后者非常复杂。减缓气候变化的成本（总的和净的成本）只有与综合而又具体的各种不同的情景和政策假设相联系才有意义。

无悔潜力的存在是必然的，但实现这些潜力的条件并不充分。实际实施需要制定一个政策战略，而这一战略可能与减少市场和制度的失败或者与减少障碍一样复杂。

7.3.3 灵活性

对范围很宽的选择措施来说，减缓成本取决于一个国家的政府用什么制度框架来减排温室气体。总的来说，框架越灵活，实现一个给定的减排目标的成本就越小。更多的灵活性和贸易伙伴能减少成本，很少的灵活性和贸易伙伴会使成本升高，无论是在国内减排还是在国外减排。灵活性都可以用将碳减排成本降到最低的能力来衡量。

7.3.4 发展、公平和可持续性问题

国家级减缓气候变化政策的实施在很多情况下将对短期经济、社会发展、区域环境质量和不同代际间的公平性产生影响。遵循这一原则的减排成本评估，即在实现减排温室气体政策的目标有很多附带影响的决策框架的基础上评估，这样一个评估的目的是告诉决策者在公平优先和其它政策制约（自然资源和环境目标等）的条件下如何有效地实现不同的政策目标。很多国际上的研究已经应用这样一个广泛的决策框架来对清洁发展机制项目的影响进行评估。

在减排成本问题和政策的广泛影响间有很多关键的联系，包括对宏观经济、就业机会的创造、通货膨胀、公共资金的边际成本、资金可获得性、溢出效应和贸易的影响。

7.4 有关发展中国家和经济转型国家的特别问题

许多与技术使用有关的问题应该被认为是发展中国家减缓气候变化和相关成本的决定性因素。这些包括目前的技术发展水平、技术转让问题、创新和扩散能力、有效技术应用的障碍、制度结构、人力和外汇收入。

发展中国家和经济转型国家需要在方法、数据和政策框架方面加强研究。尽管就方法建立一个完整的标准是不可能的，但为了获得一个有意义的比较结果，在不同国家用一致的方法、观点和政策情景是很重要的。

建议对传统方法作以下改进：

- 应该分析替代发展途径。分析不同的基础设施投资结构、不同的灌溉、燃料结构和土地利用政策下的发

展途径。

- 宏观经济研究应考虑资金、人力和电力市场的转换过程。
- 非正式和传统的部门交易应包括在国家的宏观经济统计中。非商品能源消费和为收集非商品能源而未被支付的家庭劳动有很重要的意义，应该在经济分析中明确地考虑到。
- 应该明确地考虑到消除市场障碍的成本。

7.5 成本评估的模型方法

减缓气候变化战略的模型非常复杂，很多模型技巧已经被应用，包括投入产出模型、宏观经济模型、可计算的一般均衡模型（CGE）和基于能源部门的模型。混合模型也已经被开发，以便提供有关经济结构和能源部门更详细的信息。这些模型的运用取决于评估的主体和数据可获得性。

正如第六节中所讨论的，减缓气候变化的政策主要包括以下几类：市场导向的政策、技术导向的政策、自愿政策、研究和开发政策。一个气候变化政策可以包括所有上述4个政策的内容。然而很多分析方法仅仅考虑其中的一部分。例如，经济模型主要评估市场导向的政策，有时也评估与能源供应有关的技术政策，而工程方法主要关注供应和需求方的技术政策。这些方法对研究和开发政策和自愿协议政策来说相对较弱。

8. 全球、区域、国家成本和附带效益

8.1 引言

《联合国气候变化框架公约》（第二条）的最终目标是“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”[14]。另外，公约（第三条第三款）规定“应付气候变化的政策和措施应当讲求成本效益，确保以尽可能最低的费用获得全球效益”[15]。本节介绍国家、区域和全球层次的有关温室气体减排政策的文献，介绍净的福利收益或损失，包括减排政策的附带效益（如果可行的话）。这些研究应用了前面各章中描述的所有分析工具，包括由有详细技术描述的自下而上的模型到自上而下的将能源部门和其它经济部门联系在一起的更综合的模型。

8.2 详细技术模型中的温室气体减排的总成本

在详细技术的“自下而上”的模型和方法中，减排成本是由技术和燃料成本，例如投资、运行和维修成本、燃料获得成本，与进出口的收益和成本（这是一个最近的趋势）相综合而得出的。

模型可以在两个坐标轴上排序。首先，按照从简单的工程经济计算分技术的影响，到考虑整个能源系统的综合的部分均衡模型的顺序排列。第二是根据从直接的减排技术成本的严格计算到其它一些考虑的顺序排序，这些考虑包括观察到的市场的技术采纳行为、由于需求减少而导致的福利损失和贸易变化带来的收益和损失。

这导致对两种方法类型的比较分析，即工程经济方法和最低成本均衡模型。在第一个方法中，每一种技术都通过对其成本和收益的计算而得到独立的评估。一旦估算了这些因素，对每种技术都能计算出相应的单位成本，然后根据这一成本可以把这些技术排序。这一方法在指出由于最好的可获得技术与目前正在使用的技术间有“效率差距”而存在负减排成本的潜力时是非常有用的。但是，这一方法最主要的缺陷是忽略了或没有系统分析不同技术间的相互关系。

通过在所有部门和所有时间内同时考虑所有技术，以及选择优化技术，部分均衡的成本最小模型已经建立起来，并用来弥补这一缺陷。这些更综合的研究表明总的温室气体减排成本比按分技术严格计算的成本高。通

[14]“本公约以及缔约方会议可能通过的任何相关法律文书的最终目标是：根据本公约的各项规定，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。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。”

[15]“各缔约方应当采取预防措施，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。当存在造成严重或比可逆转的损害的威胁时，不应当以科学上没有完全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求成本效益，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源、汇和库及适应措施，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。”

过优化框架，将优化的对策与优化的基准线相比，这些模型能给出比较容易解释的结果。但是，这些模型的缺陷是很少能根据现实中非优化的情况来校准模型中基年的情况，而是含蓄地假设一个基准线。因此它们不能对负成本潜力提供任何信息。

自从《第二次评估报告》出版以来，从下而上方法已经得出了很多新的有关附件一国家、非附件一国家和一些国家集团的结果。另外它们还通过考虑需求和一些影响效果，在直接减排成本的传统计算方法上更进了一步。

然而，不同的研究得出了非常不同的模型结果，对它的解释是模型需要非常多的参数，不同国家的参数差异非常大(如能源资源、经济增长、能源强度、产业和贸易结构)，另外模型的假设和有关负成本的假设也不同。

但是，正如《第二次评估报告》所说的，对由于减少现有市场失灵、考虑附带效益和双重红利而产生的无悔潜力的看法是一致的。这意味着一些减排行动可以在负成本的条件下实现。无悔潜力来自于现有的市场和制度失灵而使一些具有成本效益的措施得不到实施。关键问题是这些失灵能不能通过具有成本效益的政策措施来得以纠正。

第二个重要的政策信息是决定大多数气候政策宏观经济影响的短期和中期的边际减排成本，对基准方案(增长速度和能源强度)和技术成本的不确定性非常敏感。即便有非常好的负成本选择措施，在超过一个期望的减排水平后边际成本可能快速上升。在允许碳贸易的模型中这一风险要低得多。从长期来看，由于技术进步会降低边际成本曲线的斜率，所以这一风险能被减少。

8.3 碳减排的国内政策成本

决定减排总成本的重要因素是确定为了达到一个给定的目标而需要减排的数量，因此排放的基准线是一个关键因素。二氧化碳的增长速度取决于GDP的增长速度、单位产出能源使用的降低速度和单位能源使用的二氧化碳排放降低速度。

在一个用能源部门模型的多模型比较项目中，十多个国际研究小组都研究了《京都议定书》中承诺的减排成本。为了降低排放实行碳税并且一次付清，碳税的大小为必须的市场干涉程度提供了一个初步的信息，而市场干涉的程度等于为了实现一个既定排放目标的边际减排成本。为实现一个特定的目标而需要征收的碳税取决于有和没有目标的供应(包括节约)的边际来源，而这又取决于一些因素，如必须减排的量、有关成本和有碳、无碳技术可获得性的假设、化石燃料资源、短期和长期的价格弹性。

如果没有国际排放贸易，不同模型得到的2010年实现《京都议定书》规定的减排目标所需的碳税在很大的范围内变动。根据表TS−4[16]的注释，美国的碳税范围为76美元到322美元，欧洲经济合作与发展组织国家的碳税范围为20美元到665美元，日本的碳税范围为97美元到645美元，其它经济合作与发展组织国家(加拿大、澳大利亚以及新西兰，CANZ)的碳税范围为46美元到425美元。所有的数据都以1990年的美元计。如果国际贸易允许的话，边际减排成本的范围为20美元到135美元每吨碳。这些模型通常没有考虑无悔政策、二氧化碳库的减排潜力和除二氧化碳以外的其它温室气体。

然而，由于不同国情(在相同的碳税下终端能源消费中，化石燃料份额较低的国家受到的影响比其它国家小)和不同政策的影响，碳税水平与GDP变化和福利间没有严格的相关性。

为了在不同国家间比较容易进行比较，以上研究假设碳税(或可拍卖的排放权)收益以一次获得的方式回到经济中。如收益被用来减少现存的扭曲税制，如收入、薪水和销售税，则能减小由一个既定的边际减排成本引起的净的社会成本。但是返还式税收一次获得的收益不能得到效率收益，通过降低其他税种的边际税率的方式返还有助于避免效率成本或现有税制的无效权重的损失。通过(1)改善环境和(2)减少税制成本，使收益平衡的碳税能够提供双重红利成为可能。

人们可以区分双重红利的较弱和较强形式。较弱的形式声称：相对于把税收收入以一次付清的形式返还给居民和公司，当收入用于减少先前的不正常税收的边际税率时，给定的税收收入中性的环境改革的成本能够得

[16] 在本句中引用的最高数据都来源于ABAPE－GTEM模型。

表 TS-4：能源模型论坛主要结果。边际减排成本（1990美元／吨碳；2010年实现《京都议定书》的目标）

模型	没有贸易				附件一贸易	全球贸易
	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ		
ABAPE-GTEM	322	665	645	425	106	23
AIM	153	198	234	147	65	38
CETA	168				46	26
Fund					14	10
G-Cubed	76	227	97	157	53	20
GPAPE		204	304		70	44
MEPGE3	264	218	500	250	135	86
MIT-EPPA	193	276	501	247	76	
MS-MPT	236	179	402	213	77	27
Oxford	410	966	1074		224	123
PICE	132	159	251	145	62	18
SGM	188	407	357	201	84	22
WorldScan	85	20	122	46	20	5
Administration	154				43	18
EIA	251				110	57
POLES	135.8	135.3	194.6	131.4	52.9	18.4

注：Oxford模型的结果没有在表TS和SPM的范围内，因为对这个模型还没有进行很好的学术评估（因此IPCC对其评估也不合适），而且此模型的决定结果的一个关键参数来自于80年代初。此模型与CLIMOX（由Oxford能源研究学院开发，见表TS-6）模型完全没有关系。

*EMF－16. GDP损失（以GDP的百分比计）是指实现《京都议定书》减排目标下的损失。*四个地区指的是美国、欧洲的经济合作与发展组织国家（OECD－E）、日本和加拿大、澳大利亚和新西兰（CANZ）。情景包括没有贸易、仅在附件B内贸易和全球贸易情景。

到降低。较强的双重红利的形式声称：税收收入中性的环境税改革的成本为零或负。双重红利的较弱形式宣称得到了事实上的普遍接受，双重红利的较强形式则有争议。

将碳税或可拍卖的排放权返还给哪里取决于一个国家的具体情况。模拟结果表明，对效率非常低的经济体和由于没有考虑环境因素而被扭曲的经济体，收益循环效果实际上可以大于一次成本和税收效果以便将强势双重红利实物化。这样，在几个有关欧洲经济（相对的人力税收制度可能严重扭曲）的研究中，在任何一种情况下都可能比其它返还措施频繁地获得强势双重红利。与此形成对比的是，大部分对美国的碳税或排放权的研究表明，通过降低人力税返还的效率没有通过资本税返还的效率高，但两者通常不会产生很强的双重红利。另一个结论是：即便在没有强势收益的情况下，碳税收入被用于减少其他税种边际税率的返还政策比无返还政策效果好，如世袭配额制。

在所有引入二氧化碳税的国家中，对有些部门不征收碳税或不同部门的碳税不同。大多数研究表明部分部门免税的经济成本比同一税率的成本高，但是免税成本不同。

8.4 碳税的分配作用

和总成本一样，对气候政策成本分配的总体评估也很重要。如果有一些人的处境变坏，则一个能导致效率提高的政策也可能不会使总体的福利提高，反之亦然。特别要指出的是，如果有缩小社会收入差距的愿望，则应

表 TS-5：能源模型论坛主要结果。2010 年的 GDP 损失
（以 GDP 的百分比计；2010 年达到《京都议定书》规定的目标）

模型	没有贸易				附件一贸易				全球贸易			
	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ	美国	欧洲 OECD	日本	CANZ
ABAPE-GTEM	1.96	0.94	0.72	1.96	0.47	0.13	0.05	0.23	0.09	0.03	0.01	0.04
AIM	0.45	0.31	0.25	0.59	0.31	0.17	0.13	0.36	0.20	0.08	0.01	0.35
CETA	1.93				0.67				0.43			
G-Cubed	0.42	1.50	0.57	1.83	0.24	0.61	0.45	0.72	0.06	0.26	0.14	0.32
GPAPE		0.81	0.19			0.81	0.10			0.54	0.05	
MEPGE3	1.06	0.99	0.80	2.02	0.51	0.47	0.19	1.14	0.20	0.20	0.01	0.67
MS-MPT	1.88	0.63	1.20	1.83	0.91	0.13	0.22	0.88	0.29	0.03	0.02	0.32
Oxford	1.78	2.08	1.88		1.03	0.73	0.52		0.66	0.47	0.33	
PICE	0.94	0.55	0.78	0.96	0.56	0.28	0.30	0.54	0.19	0.09	0.09	0.19

注：Oxford 模型的结果没有在表 TS 和 SPM 的范围内，因为对这个模型还没有进行很好的学术评估（因此 IPCC 对其评估也不合适），而且此模型的决定结果的一个关键参数来自于 80 年代初。此模型与 CLIMOX（由 Oxford 能源研究学院开发，见表 TS-6）模型完全没有关系。

该在评估中考虑其对收入分配的作用。

碳税的分配作用看来是倒退的，除非碳税被直接地或间接地用于低收入人群。通过减少人力税来返还碳税可能比一次返还（返还的收益直接回到有工资收益者或资本拥有者）具有更吸引人的分配作用。减少人力税导致工资增加，并有利于其收益主要来自劳力的人。从这一点上看，减少人力税并不总是比分配给社会所有群体的返还计划高明，而且有可能消弱了碳税的回归特性。

8.5 国际排放贸易的相关方面

很早就认为，国际排放贸易能降低减排成本。当边际减排成本高的国家从边际减排成本低的国家购买排放份额时，这种情况就会发生。这通常被称为“地点灵活性”，也就是不管地理位置在哪儿，只要其减排成本最低就允许在那儿减排。很重要的是要指出“在哪儿减排”与“由谁支付”没有关系。

“地点灵活性”能在很多区域发生，可以是在全球、区域或国家层次上。理论上，在允许全球排放贸易时，所有国家都同意给自己设定一个排放上限并作为排放份额的买方或卖方参与国际市场。清洁发展机制能在一定程度上降低减排成本。当市场在区域层次上（如附件 B 国家间）时，排放贸易市场更有限。最后，所有的减排量都在本国实现时，排放贸易也可以在国内进行。

表TS-5表明，与没有排放贸易相比，附件B间的排放贸易以及全球排放贸易的成本都减少了。通过不同的模型对全球和区域层次都进行了计算。每一个例子的目标都是实现《京都议定书》中规定的减排目标。所有的模型表明随着排放市场的扩大收益明显增大。模型结果的不同部分是由于以下因素的不同：基本情景、能源部门供应方和需求方低成本替代技术的成本和可获得性、对短期宏观经济波动的处理。总的来说，没有贸易情景的总的减排成本小于GDP（假设GDP在同期内显著增长）的2%，并且在大多数情况下小于1%。附件B贸易能使经济合作与发展组织整体的减排总成本小于GDP的0.5%，经济合作与发展组织不同成员国的减排成本减低到各自GDP的0.1%至1.1%。总的来说，全球贸易能使减排成本降到GDP的0.5%以下，并使经济合作与发展组织国家的平均成本降到 GDP 的 0.2% 以内。

所谓的“热气”[17]问题也影响《京都议定书》的减排成本。东欧和前苏联近来的经济下降导致了他们温室气体排放量的下降。尽管这种趋势预计会改变，一些国家预测的排放量仍将小于《京都议定书》规定的排放量。如果这种情况发生，这些国家将有过剩的排放份额，并有可能将其卖给那些寻求低成本减排的国家，以便实现其减排目标。排放贸易所带来的成本降低对“热气”的多少很敏感。

对由于执行《京都议定书》而使预期GDP减少进行了大量的评估，大部分经济分析侧重于碳减排的总成本[18]，而忽略了非二氧化碳气体减排和固碳在减少成本方面的潜力，没有考虑环境效益（辅助效益和避免的气候变化），也没有用收益校正扭曲。考虑这种可能性可以降低减排成本。

与没有减排限制相比，减排限制将改变资源的配置方式，促进潜在的成本节约和燃料替代，资源的相对价格也将改变。这些强制的调整将使经济表现不良从而影响GDP。很明显，排放权贸易市场越大，降低减排总成本的机会越多。相反，如果对一个国家为实现其减排目标而购买的排放权数量加以限制将增加该国的减排成本。几项研究计算了排放贸易对降低减排成本的贡献程度，尤其对边际减排成本非常高的国家，能显著降低减排成本。但是另一个因素很可能会削弱排放贸易的成本节省作用，这个因素就是排放贸易系统的运作成本（交易成本、管理成本、不确定性保险以及排放权的使用策略）。

8.6 温室气体减排的附带效益

即使不考虑避免气候变化的效益，旨在减排温室气体的政策也对社会有积极的和消极的作用。本节对一些相关研究，特别是有关估算减缓气候变化政策的副作用的研究进行了评估。因此使用了术语“附带效益或成本”。对附带效益的定义、作用和大小以及将其结合到气候变化政策的方法目前还没有一致的看法。建立对正在增多的将具体的碳减排政策与货币化附带效益联系起来的文献进行评估的标准。近来针对国民经济整体而不是一个部门作了研究，本报告对其附带效益方法及其可信性进行了验证（第9节进行了分部门分析）。除了近来在方法上的进展，对温室气体减排政策的附属效果、效益和成本进行定量估算仍然非常具有挑战性。除了这些困难，在近期内，一些情况下的温室气体政策的附带效益可以占民间（直接）减排成本的很大一部分，在一些情况下附带效益能与减排成本相当。根据文献，附带效益对发展中国家尤其重要，但这些文献还很有限。

附带效益和成本确切的大小、规模和范围将随着地理位置和基本情景不同而变化。在一些情况下，基本情景设置了相对低的碳排放和人口密度，附带效益将很小。大部分用于估算附带效益的模型——可计算的一般均衡模型（CGE）——在估算附带效益时都碰到了很多困难，因为这些模型很少有，也可能没有能力得到估算附带效益所必需的空间数据。

从基本情景的考虑看，大部分有关附带效益的文献仅仅只系统地分析政府有关环境的政策和规则。与其成为对比的是其它常规政策基线问题，如与能源、交通和健康有关的问题一般来说被忽略了。但基线中考虑了非常规问题，如与技术、人口和自然资源相关的问题。对于在此被评估的研究来说，最重要的附带效益与公共健康有关。模拟附带效益不确定性的一个重要组成部分是污染物排放及其大气浓度间的关系，尤其是二次污染物的重要性。然而，除了公共健康带来的附带效益外，还有很重要的没有量化和货币化的附带效益。同时，看来在方法和用于估算附带效益的模型间有很大的差距。

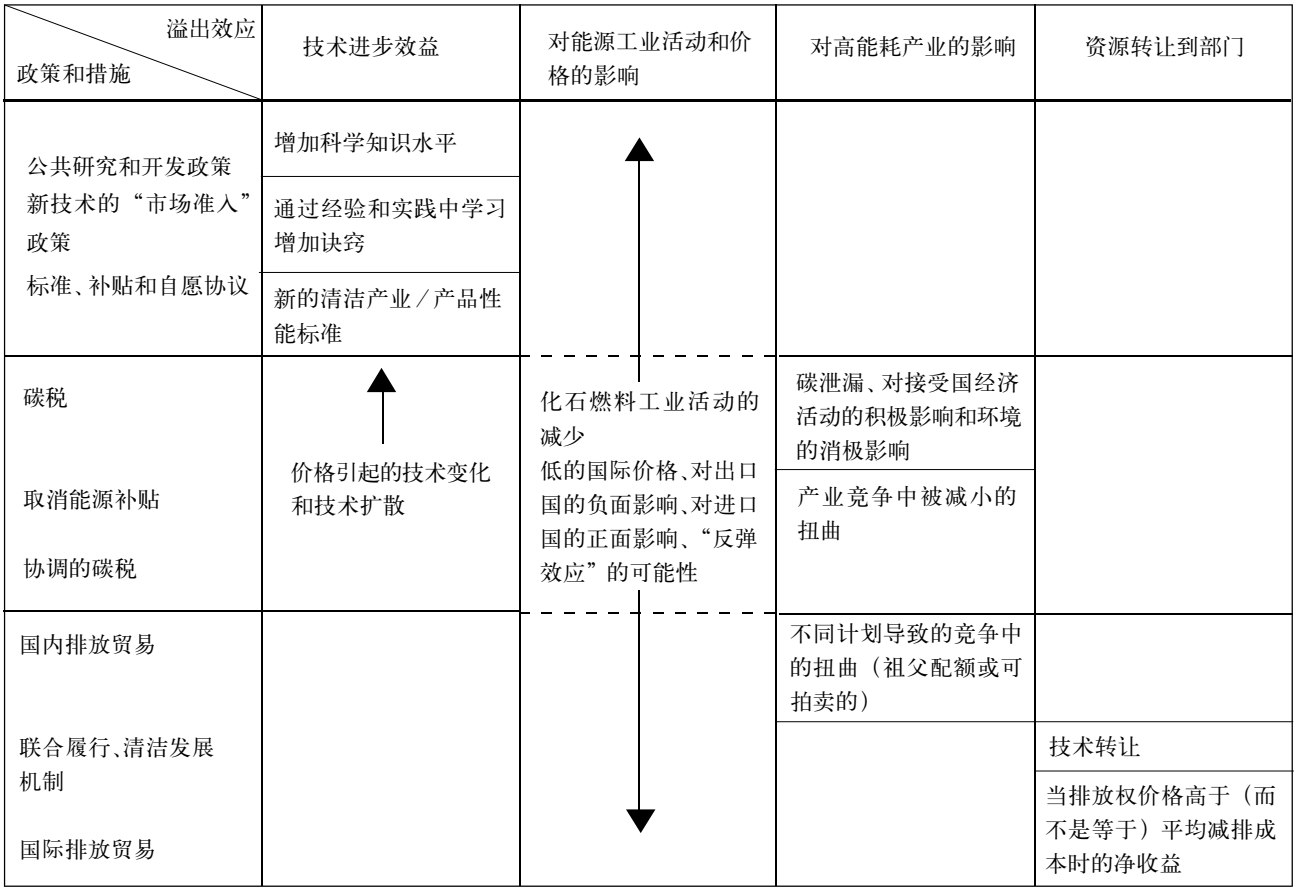
8.7 附件B国家采取的行动对非附件B国家的“溢出”效应[19]

在一个经济与国际贸易和资本流动密切相关的世界里，一个经济体的减排会对其它减排的或没有减排的经济体产生福利影响。这些影响称为溢出效应，包括贸易、碳泄漏、环境友好技术的转让和扩散的溢出效应和其它问题（图TS-8）

[17] 热气：一些国家，主要是经济转型国家，给他们分配的排放份额看来要超过他们预期的排放量（由于经济下降导致）。这一超出的部分叫热气。

[18] 尽管一些研究包括了多种气体的分析，但需要对各时期和各地区的这种潜力进行更多的研究。

[19] 国内减排战略的“溢出”效应指这些战略对其它国家的影响。溢出效应可能是正的也可能是负的，并包括贸易、碳泄漏、环境友好技术的转让和扩散的溢出效应和其它问题。



图TS-8: 国内减排战略的“溢出”效应指这些战略对其它国家的影响。溢出效应可能是正的也可能是负的并包括贸易、碳泄漏、环境友好技术的转让和扩散的溢出效应和其它问题。

对贸易效应来说，在《京都议定书》之前，模拟研究的一个主要发现是附件B国家的排放限制对非附件B国家有一个很大的反作用。模拟《京都议定书》的结果更复杂，一些非附件B国家有福利收益而一些国家有损失。这主要是由于《京都议定书》的目标要低于以前的模拟目标。单独进行相同的减排时遭受福利损失的非附件B国家，在排放贸易下所遭受的福利损失更小，这也是公认的。

附件B国家的减排将导致非附件B国家排放量的增加，从而减少了附件B国家减排的环境有效性，这被称为“碳泄漏”。由于附件B国家在国际市场中失去竞争力、国际市场上化石燃料的低生产者价格以及贸易条件改善引起的收入变化，通过高碳产业的重新分布导致的碳泄漏可达5%－20%。

但是，《第二次评估报告》指出现有模型对碳泄漏的估算差异很大，随后几年的研究表明碳泄漏估算差异已经减小。然而，这可能是新开发的模型都采用了合理的类似假设和数据源的结果。这种发展趋势并不必然反映对合理的行为假设的更广泛的认同。一个有说服力的结果看来是：碳泄漏是一个与减排战略的特定情况有关的增长函数。这意味着与此前更严格的减排目标相比，在《京都议定书》的目标下，碳泄漏可能不是一个很严重的问题。排放贸易下的碳泄漏也低于独立减排时的碳泄漏。实际发现的对高耗能产业的免税和其它因素不可能导致模型对碳泄漏的高估算结果，但可能增加综合成本。

碳泄漏也可能与假设的世界石油市场的竞争程度有关。很多研究假设一个竞争的石油市场，考虑不完全竞争的研究得到低的碳泄漏，例如石油输出国家组织能部分操纵石油供应市场因此减小了国际石油价格的降低幅度。问题是石油输出国家组织是否会像一个卡特尔组织那样行动？这对石油输出国家组织和其它石油生产者的福利损失以及附件B国家排放权价格水平都将产生重要的影

响（见第9.2节）。

以上讲到的第三个溢出效应，即环境友好技术的转让和扩散与引入的技术变化有关（见第8.10节）。在模型中没有考虑环境友好技术和诀窍的转让会导致低的碳泄漏，特别是从长远来看其好处将大于碳泄漏。

8.8 《京都议定书》目标的主要结果小结

附件B国家实施《京都议定书》的成本估算因研究、地区的不同而有所不同，而且还大大取决于使用京都机制的假定，以及与国内措施的相互作用。国际上大多数使用国际能源经济模型来研究与比较这些成本。其中有9项研究表明下述对GDP的影响：[20]

附件二国家[21]：大多数全球研究表明，附件B[22]国家间不进行排放贸易时，2010年不同的附件二国家其预期GDP将减少0.2%--2%。如果附件B国家之间进行充分的排放贸易，则2010年其预期GDP[23]的损失将减少到0.1%-1.1%。上述研究包括了广泛的假设。这里被引用的模型都假定存在没有交易成本的充分的排放贸易。不允许附件B国家间进行排放贸易的模型，则假设进行了充分的国内地区间的排放贸易。模型不包括碳汇和非二氧化碳温室气体。模型也不包括CDM、负成本措施、附带效益或有目标的收益返还。

所有地区的减排成本也受以下因素的影响：

- 对附件B国家贸易的限制，实施机制的高交易成本和无效率的国内措施的实施都将使减排成本上升。
- 在国内政策和措施中包含无悔措施、采用CDM、汇和包括非二氧化碳温室气体将降低减排成本。一些国家减排成本的变化将更大。

模型表明京都机制对控制高减排成本国家的风险非常重要，从而能执行国内政策机制。类似地，它们能减少不公平的国际协定的风险并有助于减少边际减排成本。上述全球模型研究表明：在没有贸易时实现《京都议定书》目标的国家边际减排成本的范围为20美元/吨碳到600美元/吨碳，附件B国家间进行贸易时，成本降低为15美元/吨碳到150美元/吨碳。这些机制使成本降低的幅度可能取决于实施的具体的情况，包括国内和国际机制的兼容性、对机制的限制和交易成本。

经济转型国家：对这些国家来说，GDP所受的影响变化从可以忽略不计到增加几个百分点。这意味着附件二国家所没有的提高能源效率的机会。如假设一些国家的能源效率迅速提高并/或经济继续衰退，则其规定的排放份额有可能超过第一个承诺期内预期排放量。在这种情况下，模型表明这些国家将通过出售其过量的排放份额得到收益而增加GDP。然而，对一些经济转型国家来说，《京都议定书》的实施将对GDP产生与附件二国家相似的影响。

非附件一国家：但会对非附件一国家产生不同的"溢出"效应[24]，尽管附件一国家已经建立了排放约束。

- 非附件一石油输出国：分析介绍了不同的成本，包括其它因素、预期GDP的减少和预期石油收入的减少[25]。研究得出2010年在没有排放贸易时的最低减排成本是预期GDP减少0.2%，附件B国家间进行排放贸易时的最低减排成本是预期GDP减少0.05%[26]。研究得出的最高成本是2010年没有排放贸易时石油收入减少25%而附件B国家间进行排放贸易时减少13%。这些研究没有考虑除了附件B国家间进行排放

[20] 许多更精确地结合国家的具体情况与多样性的目标政策的其它研究对净成本估算提出了一个更宽的范围。

[21] 附件一I国家：《联合国气候变化框架公约》列出的附件一I国家，包括了所有的经济合作与发展组织中的发达国家。

[22] 附件B国家：京都议定书中的附件B国家，他们已就各自的温室气体减排目标达成了协议，包括了除土耳其与白俄罗斯之外的所有的附件一国家（于1998年修订）

[23] 许多计量指标被用于体现成本。例如，如果在附件B国家进行充分的排放贸易下发达国家实现京都议定书目标的年减排成本为GDP的0.5%，这意味着2010年附件一I国家的年减排成本为1250亿美元或人均每年125美元（《排放情景特别报告》中的假设）。对10年的GDP增长速度的影响小于0.1个百分点。

[24] 此处的溢出效应仅指对经济的效应，而不包括对环境的效应。

[25] 有关6个研究的详细评估见下面报告中的表9.4。

[26] 这些估算成本也可以表示成2000-2010年间GDP增长速度的不同。没有排放贸易时GDP增长速度每年减少0.02%，如果附件B国家间进行排放贸易，GDP增长速度每年只降低不到0.005%。

[27] 这些政策和措施包括：包括非二氧化碳气体和所有气体的非能源排放源；用汇抵消；产业结构调整（如从能源生产者转变到能源服务的供应者）；使用石油输出国组织的市场操纵力；和（附件B缔约方）有关融资、保险和技术转让的行动。另外，这些研究通常不包括以下能减少总减排成本的政策和措施：将征税的收益用于减少被征税者的负担或资助其它减排措施；减少化石燃料使用的环境附带效益；减排政策引起的技术变化。

贸易以外的政策和措施[27]，而这些政策措施可能减少对非附件一国家，包括石油输出国家的影响，因此有过高估计这些国家的成本和全球总减排成本的趋势。可以通过以下措施进一步减少对这些国家的影响：取消化石燃料补贴、根据含碳量重新调整能源税、增加天然气的使用、使非附件一石油输出国的经济多样化。

- 其它非附件一国家：由于经济合作与发展组织国家对这些国家出口产品需求减少，并由于高碳产品及其它这些国家要继续进口的产品价格的上涨，这些国家可能遭受不利的影响。这些国家可能受益于燃料价格的下降、高碳产品出口的增加以及环境友好技术和诀窍的转让。
- 碳泄漏[28]：一些高碳产业可能转移到非附件一国家和价格变化对贸易的广泛影响可能导致5～20%的碳泄漏。例如，高能耗产业的减免税不太可能使模型过高地估计碳泄漏，但会增加综合成本。模型中不包括的环境友好技术和诀窍的转让可能导致低碳泄漏，特别是从长期来看，其好处将大于碳泄漏。

8.9 实现不同稳定目标的成本

以一个世纪为时间尺度的成本有效性研究表明：大气中二氧化碳浓度稳定在越低的水平，成本越高。不同的基准线对减排的绝对成本有非常大的影响。但是，当稳定目标从750ppmv降低到550ppmv时，减排成本只有适度的增加，而稳定目标从550ppmv降低到450ppmv时，减排成本增加很大，除非基准情景中的排放水平很低。然而这些结果不包括固碳和非二氧化碳气体，而且没有研究更低稳定目标引起的技术变化[29]的可能效果。特别是参考情景的选择对二氧化碳浓度有很大的影响。近来以IPCC《排放情景特别报告》的参考情景作为基准线来分析稳定浓度的研究清楚地表明，在大多数被评估的稳定情景下预期GDP的平均减少在基线值的3%以内（在一个既定的年份内不同稳定情景中最大的GDP减少达到6.1%）。同时，由于技术进步和转让引起表观正经济反馈，一些情景（特别是A1T情景组）下的GDP比基准线的GDP高。GDP的减少（情景框架与稳定水平的平均值），在2020年最低为1%，2050年达到最高（1.5%），2100年有所下降（1.3%）。然而对基准线排放量很高的情景组（A2和A1FI），在整个模型运算期内，GDP的减少将增加。由于与GDP的规模相比，损失相对较小，在《排放情景特别报告》之后的稳定情景中，在本世纪内GDP减少不会导致明显的GDP增长速度降低。例如，1990－2100年中不同稳定情景下年均GDP增长速度只减小0.003%，最大年份的减少也只有0.06%。

大气中的二氧化碳浓度更取决于累积的而不是某一年的排放。即一个特定的浓度稳定目标可以通过不同的排放途径实现。很多研究建议，对总的减排成本来说，排放途径的选择与排放目标本身同样重要。这些研究把它分为两类：一类是假设排放目标明确，另一类是在不确定性存在的情况下将排放目标作为一个需要决策的问题。

对假设排放目标明确的研究来说，问题是如何确定达到目标的最小减排成本的途径。在这里，可以把途径的选择看成是一个碳预算问题。这一问题直到现在一般都只考虑二氧化碳而很少考虑其它非二氧化碳温室气体。一个浓度目标决定了从现在到目标年期间可以排入大气的二氧化碳的量，问题是如何随时间分配碳排放。

许多试图找出实现一个特定目标的最小成本途径的研究表明，这样的一个途径可能是开始时逐渐减排，而后期迅速减排。有几个原因可以解释为什么是这样。在近期内逐渐转变目前的全球能源系统可以减少现有资本存量的过早消亡，为技术发展提供时间，还能减少被锁定在迅速发展的低排放技术的早期不成熟状态的风险。在另一方面，更激进的近期行动能够降低急剧的气候变化对环境和人类带来的风险，刺激已有的低排放技术被更快利用（参见第8.10节），为未来技术变化提供强烈的近期激励，从而帮助人类抛开被高排放强度技术锁住的束缚，还能为以后一旦根据科学认识的发展确需制定更严格的浓度目标留出更多的操作空间。

应当注意的是浓度越低，碳排放限度就越小，因此越要求早些离开基准线。然而，即使高的浓度目标，从基准线更缓和的过渡也并不与较早的行动相抵触。所有的稳

[28] 碳泄漏在此的定义是：非附件B国家由于附件B国家实施减排而增加的排放量，可以以附件B国家减排量的百分比表示。

[29] 引起的技术变化是新兴的问题较多的研究领域。TAP中的任何文献都没有对一个世纪时间尺度的二氧化碳浓度和从考虑引起的技术进步的模型得到的减排成本间的关系作评估。考虑引起的技术变化的模型在一些情况下表明：在相似的GDP增长情况下，采用不同的政策会导致不同的世纪时间尺度的二氧化碳浓度。

定目标都要求未来资本存量的碳密度更低。这对近期投资决策具有直接含义。新的供应侧选择一般要很多年才能进入市场。如果在需要低碳低成本的替代技术时便能得到它们，就要求有对研究开发的立即和持续的承诺。

以上强调减排成本的问题。检验某一选定的排放路径的环境影响也很重要。这是因为不同的减排路径不仅意味着不同的减排成本，也意味着不同的环境可避免成本所带来的效益（见第10节）。

当然，目标确定的这种假设是过于简单了。幸好，《联合国气候变化框架公约》已经认识到决策问题的动态特性，并呼吁根据气候变化及其影响的最好的科学信息进行定期回顾。这种渐进的决策过程旨在针对长期的不确定性来识别短期防范策略。相关的问题不是“什么是未来100年的最好的目标”，而是“对预期的长期气候变化和相伴的不确定性，什么是近期最好的目标”

一些研究试图基于长期目标的不确定性来确定最优的近期防范策略。这些研究发现所希望的防范投入取决于人们对利害关系、力量对比和减排成本的评价。风险防范的成本——社会为避免风险愿意付出的数量——最终是一个政治决定，这种决定因国别而异。

8.10引发的技术变化

大部分用于评价满足特定减排目标的成本的模型偏于过分简化技术变化的过程。一般假定技术变化与排放控制水平不相关。这种变化被看作是自动的。近些年，引发的技术变化得到日益关注。有人争议这种变化可能大大降低和甚至抵消CO_2减排政策的成本，其它研究则对引发的技术变化不那么抱有希望。

最近的研究认为，技术变化对减排的时间安排的影响取决于技术变化的来源。当技术改变源自于研究开发，引发的技术变化偏向于将更多的减排努力放在未来，原因在于技术变化将使未来减排成本相对于目前有所降低，将更多的减排量放在未来将更加成本有效。但是，当技术变化源自于实践中的不断学习，引发的技术变化对减排的最佳时间的影响则是不明确的。一方面，引发的技术变化使未来减排成本较少。另一方面，目前的减排具有附加的价值，因为目前的减排有助于经验积累和学习，并有助于降低未来减排的成本。这两种效果哪一种占主导，取决于技术和成本函数的特征。

某些社会现实可能阻碍或加强技术变化。所以，提高公众认识和教育能有助于鼓励社会向有利于技术创新和扩散的环境转变。这是一个有待于未来研究的领域。

9. 减排的部门成本和附带效益

9.1国家和部门减缓气候变化的成本差别

减缓全球气候变暖的政策将对特定的部门产生影响，如煤炭工业、石油和天然气工业、电力、制造业、运输和民用部门。部门分析有助于我们深入全面地认识减排成本，识别潜在的受损者和损失的程度及环节，以及识别获益的部门。然而，值得注意的是可用于部门分析的文献非常有限：同研究减排对宏观GDP影响的文献相比，很少有探讨减排对部门影响的综合研究，并且现有的少数研究也仅仅是针对附件一国家及地区。

减排政策面临着一个根本性的难题。大家公认的看法是：与潜在的获益者相比，潜在的部门受损者更容易识别，它们的经济损失似乎更直接、更集中和更确定。潜在的部门获益者（除了可再生能源部门，也许还有天然气部门）只能期望在很长的时间内得到小额的、分散的和不确定的收益。确实有很多获益者现在还不存在，它们是后代人和有待未来开发的行业。

另一确定的观点是，减排政策和措施对GDP的总体影响，不管是正还是负，都隐藏了部门间的巨大差别。总体上，经济产出的能源强度和碳强度将下降。相对于参考情景，煤炭工业或许还有石油工业预期将损失很大部分的传统产出，但减排对这些部门的影响取决于产业多样化，其它部门也许会增加少量的产出。把化石燃料的产量减少到基准线以下也并不会对所有的化石燃料产生同样的影响，燃料有不同的成本和价格敏感性，它们对减排政策的响应是不同的。能效技术专门针对燃料和燃烧设备环节，需求的减少对进口的影响和对产出的影响是不同的。能源强度高的部门，像重化工、钢铁、矿业将面临较高的成本，或者加速技术变化或组织变化，或者损失其产出量（相对于参考情景），这取决于它们的能源使用情况和所采取的减排政策。

同减排措施直接相关的行业似乎能从行动中获益。这些行业包括可再生能源和核电，减排设备的生产者（结

合节能和减碳技术），生产能源作物的农业和林业，从事节能和减碳技术研发的研究服务业。它们将在长期内获益于财政资源和其它资源，这些资源在无减排政策的情景下将用于化石燃料生产。如果税收用于减排以及税收返还倾向于减少雇主所得税、公司所得税或其它税种时，这些行业还将因为税负减轻而受益。那些认为GDP将会减少的研究，并不总是提出一系列可供选择的税收返还方式，这表明增加GDP的一揽子政策尚未被开发出来。获益的程度和特性将随政策而变化。一些减排政策能够给总体经济带来净收益，这意味着许多部门的收益总和将超过煤炭和其它化石燃料工业、以及高耗能工业的损失。相反，设计不好的政策将导致总体经济的损失。

值得对减排政策所面对的任务进行历史回顾。过去40年，许多国家的CO_2排放比GDP增长慢得多，原因是多样的，这包括：

- 能源的来源从煤和石油转向核能和天然气；
- 工业和民用部门的能源效率改善；
- 从重工业转向更多的基于服务和信息的经济活动。

这种趋势将受到减排政策的鼓励和强化。

9.2一些特定部门减缓气候变化的成本研究结果

9.2.1 煤炭

在这个广阔的构想中，减缓将对某些部门产生重大影响。相对于参考情景，煤炭工业作为生产含碳量最高的产品的工业，同基准线的预测相比，在长期将面临几乎不可避免的衰退。一些还处在开发阶段的技术，如燃煤工厂的CO_2去除和贮存、煤炭就地气化，能够在未来起到维持煤炭生产和同时避免CO_2和其它排放的作用。预期对煤炭部门影响特别大的是取消化石燃料补贴，或按燃料的含碳量而不是能量课税的能源税制构成等政策。一个公认的结论就是取消补贴可以大量地减少温室气体排放，以及刺激经济增长。然而，在具体的国家，其作用则严重依赖于所取消的补贴的种类以及替代能源包括进口煤炭的商业可行性。

9.2.2 石油

石油工业也存在着相对衰退的可能性。但是，由于交通运输还缺少石油的替代物，电力部门要用液体燃油替代固体燃料，产业多样化已普遍进入能源供应部门，这些因素将缓和石油工业的衰退。

表TS-6给出履行《京都议定书》对石油输出国影响的几个模型结果。每个模型使用不同的影响计算方法，许多模型在定义石油输出国时采用不同的国家分组。然而，所

表TS-6：石油输出地区／国家履行《京都议定书》的成本[a]

模型[b]	*没有排放贸易*[c]	*附件一国家排放贸易*	*“全球排放贸易”*
G-Cubed	-25%石油收入	-13%石油收入	-7%石油收入
GPEEN	-3%实际收入	“显著减少了损失”	n.a.
GTEM	0.2%GDP损失	<0.05% GDP损失	n.a.
MS-MPT	1.39%福利损失	1.15%福利损失	0.36%福利损失
OPEC 模型	-17% OPEC收入	-10% OPEC收入	-8% OPEC收入
CLIMOX	n.a.	-10%部分石油出口者收入	n.a.

[a] 石油出口国定义变化：G-Cubed和OPEC模型中指石油输出国组织（OPEC）成员国，在GPEEN模型中是一组石油出口国家，在GTEM模型中是墨西哥和印度尼西亚，在MS-MPT模型中是石油输出国组织加墨西哥，在CLIMOX模型中是西亚和北非的石油出口国。

[b] 所有模型考虑2010年的全球经济以及采用碳税或拍卖排放许可证达到《京都议定书》减排目标（通常在模型中，用来表示2010年的CO_2减排量而不是2008年到2012年的温室气体排放量），碳税或拍卖排放许可证的收入通过一次总付的方式返还给消费者，结果中没有考虑共生效益，如降低地区环境损失等。

[c] 排放贸易指国家间的排放许可证交易。



注：所给出的石油价格是用美国GDP平减指数后的英国Brent油价。2000年的估计价格是基于1月到8月的实际价格以及9月到12月的未来价格。

图TS-9：实际油价和实施《京都议定书》的影响。

有研究显示采用灵活机制可以减少石油生产者的经济成本。

这些研究表明，温室气体减排政策对石油生产和收入的影响估计结果在一个相当宽的范围内变动。差异的很大一部分是由假设条件所致：常规石油储量的可用性、需要减排的程度、排放贸易、非CO_2温室气体的控制、和碳库的利用。然而，所有研究表明至少到2020年，石油生产和收入是净增长的，对石油实际价格的影响远小于过去30年的市场波动的影响。图TS-9给出国际能源机构1998年世界能源展望对2010年的石油价格预测和G－Cubed模型所得出的履行《京都议定书》的影响，这是表TS-6给出的石油输出国组织收入下降最多的研究。图中显示2010年在没有排放贸易的情景中，石油输出国组织的25%的石油收入损失隐含着石油价格下降17%；在附件一国家排放贸易的情景中，石油收入损失下跌7%。

这些研究一般都不考虑下述的部分或全部可以减少对石油出口国影响的政策和措施：

- 减少非CO_2的温室气体或者非能源排放的全部温室气体的政策和措施；
- 碳库的抵消；
- 产业结构调整（例如从能源生产者转为能源服务的提供者）；
- 利用石油输出国组织的市场力量；
- 与资金、保险和技术转让有关的行动（例如附件B国家的行动）。

另外，研究一般也不包括能够减少减排总成本的下述政策效果：

- 利用税收收入减少税务负担或资助其它减排措施；
- 减少化石燃料消耗的环境附带效益；
- 减排政策引发的技术变化。

结果，这些研究趋于高估石油输出国的成本和减排总成本。

9.2.3 天然气

模型研究表明减排政策对石油的影响最小，对煤炭的影响最大，对天然气的影响介于二者之间；这些发现是确定的，但不完全。在评估减排对天然气需求的影响上，不同研究得出的结果相差很大，与不同地方天然气的可用量和重要程度、需求的具体特点、天然气替代煤炭发电的潜力有关。

研究结果与最近的趋势不同，这种趋势说明天然气利用量的增长比煤炭和石油都快。这可以由以下的原因来解释。运输部门，即最大的石油用户，现有的技术和基础设施将不允许附件一国家在2020年以前从石油较多地转向非化石燃料。附件B国家只能通过降低总体能源消费达到《京都议定书》的承诺，除非天然气转向发电利用能够增加天然气使用量，否则将会导致天然气需求的减少。在这些模型中，对这种转移的模拟很有限。

9.2.4 电力

至于对电力部门的影响，一般来说，减排政策或者强制性地或者直接通过激励措施来增加零排放发电技术（如核电，水电和其它可再生能源发电）和低温室气体排放的发电技术（如天然气联合循环）的使用。再者或许通过税收或温室气体排放许可等更灵活的方法间接增加上述技术的使用。不管哪种方法，其结果都是发电燃料结构将离开高排放的化石燃料，转向增加无碳和低碳发电技术的使用。

作为温室气体减排政策的结果，核电将具有重大的优势，因为核燃料发电几乎没有温室气体排放。尽管有这个优点，核电在许多国家并不被看成是解决全球变暖问题的办法。主要问题在于(1)与联合循环燃气轮机发电相比，成本很高，(2)涉及运行安全和核废物的公众接受程度，(3)放射性废物管理的安全性和核燃料再循环，(4)核燃料运输安全，(5)核武器扩散。

9.2.5 运输

除非高效汽车技术（如燃料电池汽车）迅速可进入实用阶段，在短期内很少有减少运输能源消耗的可用选择，这还不涉及其中的巨大的经济、社会或政治成本。至今没有一个政府成功演示过能够减少对汽车需求的政策，所有政府都发现在政治上很难考虑采用这样的措施。飞机能源效率的根本改善似乎更要伴随着提高价格、减少航空旅行量的政策。估算的航空旅行需求价格弹性在－0.8到－2.7之间变动。通过税收来提高航空旅行的价格面临着许多政治障碍。目前主导航空运输系统运转的许多双边协定都包含免税和免费的条款，而没有运行成本和改善系统的条款。

9.3 温室气体减排的部门附带效益

化石燃料消费的直接成本关联着因减少燃料开采和燃烧而附带的环境和公共健康效益。这些效益来自于化石燃料活动所引起的损害的减少，特别是减少燃烧所造成的污染物排放，如SO_2、NOx、CO和其它化学物质及颗粒物。这将改善当地和区域的空气和水质，因而减少对人、动物和植物健康及生态的危害。如果所有与温室气体排放相关联的污染物都被新技术或终端烟气治理技术(例如,发电厂的烟气脱硫技术结合清除其他所有非温室气体污染物的技术)所去除,那么这种附带效益便不复存在。目前这种治理是有限的,而且很贵,特别是对住宅和小汽车这样的小规模排放源（参见第8.6节）。

9.4 减排对部门竞争的影响

如果减排政策导致国际竞争力的损失或排放温室气体的行业从实施减排政策的区域迁出（称为碳泄漏），减排政策的有效性就大打折扣。根据已有文献的估计结果，减排政策对国际价格竞争的影响很小，但对碳泄漏影响的估计却削弱了对竞争影响的解释，其很大的差别主要来自于模型和所采用的假设条件。有若干的理由可以认为这种影响不会很显著。首先,实际采用的减排政策使用一系列的手段并通常包括使负作用最小化的特别处理措施，如高耗能工业的免税。第二，模型假设任何迁出行业将采用迁入区域平均水平的技术，而不是假定它们可能使用最新的、低CO_2排放的技术。第三，减排政策鼓励低排放的技术,这些技术也会转移,减少其它国家该行业的排放（参见第8.7节）。

9.5 为什么研究结果不同

所评价的研究结果来自于不同的方法和模型。对这些结果的恰当解释需要了解所采用的模型以及模型和研究隐含的假设。结果存在很大的差别是由于使用了不同的参考情景或基准线造成的。基准线的特点显著地影响减排政策模拟的量化结果。例如,如果在基准线中假设空气质量是满意的，任何温室气体减排情景的潜在的空气质量方面的附带效益都将被该假设所排除。即使相似或相同的基准线假设，不同研究也会有不同的结果。

对于减排成本，这些差别在很大程度上是由不同的方法和假设所引起的，最重要的原因则在于所用模型的类型。采用新技术机会的自下而上的工程模型倾向于揭示减排的效益。自上而下的一般均衡模型则似乎容易得出比自上而下的时间序列数量经济模型更低的减排成本。导致模型得出较低的减排成本的主要假设是:

- 采用新的灵活手段，如排放贸易和联合履行机制;
- 税收或出售排放许可证的收入通过减税措施返还给经济部门;
- 附带效益,特别是减少环境污染的效益被包含在结果中。

最后，自上而下的模型多半假定了长期的技术进步和扩散。不同的假设或者更集成、更动态的研究方法也会对研究结果产生重要的影响。

10. 决策分析框架

10.1 气候变化决策分析的范围和新的发展

与气候变化有关的决策制定框架（DMF）涉及从全球谈判到个人选择的很多层面以及具有不同资源禀赋、不同价值观和抱负的各种各样的参与者，这解释了为什么很难达成所有人都乐于接受的管理策略。首先，经济部门和相应的社会利益集团之间的动态相互作用很难达成一致的国家立场，以便在国际论坛上进行陈述。常常模糊不清的多种多样的国家立场，以及将气候变化政策与其它社会经济目标关联在一起使得国际谈判错纵复杂。

没有任何一个决策制定框架能再现上述内容的多样性。自第二次评估报告以来，某些研究方向已经取得了显著的进展。首先，不断增加的问题被集合到单一的模型框架内，以便对密切相关的部分、过程和子系统提供内在一致性的评价。所形成的综合评价模型（IAM）在第 9 章得到了引用，并在通篇报告中，就一系列气候政策问题为政策制定者提供了深刻的见解。第二，科学家对与有关气候问题但以前被忽视或关注不够的更广泛的背景予以了越来越多的关注。同其它因素一道，这些因素促进了对发展、可持续性和公平问题的整合，并形成了现在的报告。

气候变化与人类已掌握的大多数环境问题有极大的不同。若干特性的组合造成气候问题的独特性。它包括稳定大气中温室气体浓度必需全球集体行动而引发的公共物品问题，从全球到微观层次的公司和个人的决策者的多重性，排放的非均匀性以及全球性的后果。进而，气候变化的长期性起源于实际上是温室气体的浓度而不是年度排放影响了气候变化，这一特性产生了代际间福利、环境物品和恶果转移等棘手问题。其次，与气候有关的人类活动是极其广泛的，不可能狭隘地定义技术解决方案，并且气候政策和其它广泛的社会经济政策的相互作用也很强。最后，大的不确定性或在某些领域人类的无知，决定了气候变化问题具有多方面的特征，并要求所有处理气候变化问题的决策制定框架都必须采用风险管理方法。

于是，政策制定者在选择响应措施时必须抓住大的不确定性。已经开发了多种多样的分析工具用来帮助他们作出最基本的选择。每个决策分析框架（DAF）都具有自己的优点和缺点，这反映在能较好处理某些上述特性的能力上，而对另一些特性则不太胜任。最近的分析应用了一些比较完善的分析工具，像成本—效益分析法以及新开发的分析框架如容许窗口法或安全着陆法，应用这些工具所作的分析对该问题提出了全新的认识。

图 TS−10a 给出 2020 年在长期稳定浓度目标不确定时，探讨最优限排策略的成本有效分析结果，未来几年的减排在经济上是极有价值的，因为有很大的可能性使温室气体浓度保持在上限以下，要不然在排放系统的特征时间内温室气体浓度就将达到该上限。在上述分析中，近期限排的程度对不确定性的解决时间以及能源系统的惯性都很敏感。事实是，最终的浓度目标一旦确定，就必须不惜一切代价来实现。其它的模拟试验，如用成本—

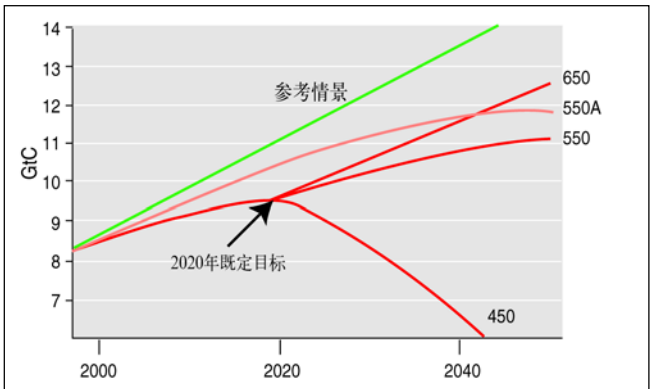


图 TS−10a：成本有效方法得出的二氧化碳最优排放策略。

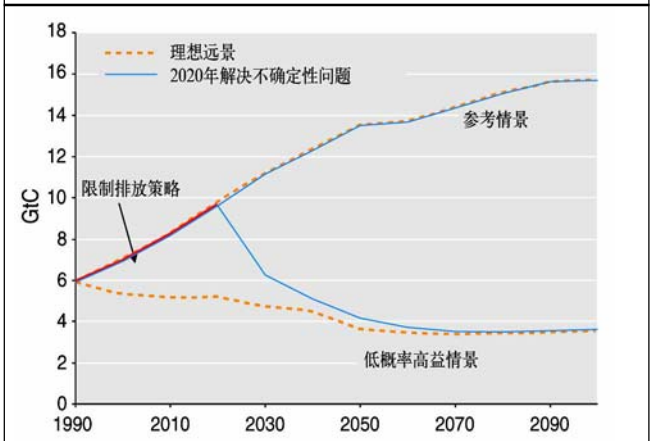


图 TS−10b：成本－效益优化方法得出的低可能性、高后果情景的最优限排策略。

—效益模型构造的Bayesian决策分析框架表明：短期（未来20年）最优排放路径在理想前景情景和低可能性高后果的情景之间，也只存在中等程度的偏离（见图TS-10b）。尽管人们仍在争议稳定目标，但是仍应该制定近期的气候政策。因此，决策者应考虑采用适当的限排措施来应对未来确定的浓度目标以及可能改变的、对气候变化危险的科学认识。这两种分析方法有重要的不同之处，对成本——有效性分析，为达目标不计成本投入；用成本——效益分析法，成本和收益达到边际平衡。但是，要求基础数据信息是类似的，并包含对不确定性及其时序解决的统一考虑。所希望的限排量取决于人们对利害关系、减排机会和减排成本的评价。风险的保险价格——社会为避免风险的支付意愿——最终是一个政治决定，这种决定因国别而异。

成本——有效性分析通过使空间和时间的减排边际成本相等来寻求实现环境目标的最低成本。长期的成本有效性研究估算了将大气CO_2浓度稳定在不同水平所需的成本，并发现450ppmv浓度上限的成本大大高于750ppmv浓度上限的成本。允许窗口法／安全着陆法并不是要寻找一个最优途径，而是要设法构划出能满足外部定义的气候影响约束和排放成本约束的可能排放途径的完整矩阵。结果显示，推迟近期有效减排会大大减少应对未来更严格的气候变化目标的选择余地，而不太严格的目标则提供了近期更多的灵活性。

10.2 国际制度与政策选择

国际气候变化协议的构成与特点对减排的效率、成本和效益具有重要影响。一个国际气候变化机制（例如，《京都议定书》或其他未来可能签署的协议）的效率、成本和效益取决于签署国的数目，它们的减排目标和／或政策承诺。同时，签署国数目取决于成员国分担承诺义务的公平程度。所以，经济效率（通过参与最大化来使成本最小化）和公平（限排承诺的分配）就紧紧联在一起了。

在国际制度设计、气候政策的成本有效性／效率和最后经济产出的公平性之间中存在一个三边关系。因此，设计国际机制时考虑有效性和公平是十分重要的。文献提供了优化国际机制的各种不同的理论策略。例如，通过目标在时间上的恰当分配，将气候争论与其他议题相关联，向受影响的国家转移资金，或技术转让协议等措施来增加更广泛的协议的公平性和效率，吸引更多的国家加入承诺具体限排和减排目标的国际组织。

设计国际制度的其他两个重要方面是“履行”和“遵约”。机制的有效性是履行和遵约的函数，与推动协议目标的行为的切实改变有关。“履行”是指政府将国际协议转变成国内法律、政策、和法规。“遵约”指参与国在事实上是否以及在多大程度上坚持了条款。对国际环境机制的有效性来说，监测、报告和核实环节是非常必要的。至今对系统监测、评估和处理履行失败的研究还很少。但是，开发履行评价系统的努力已越来越多，并且也被纳入到《联合国气候变化框架公约》的构架中。未来的挑战是使这些评价系统更加有效，尤其需要改进国家排放数据以及政策和措施等方面的信息。

10.3 与国家和地区可持续发展选择的联系

对可持续发展和气候变化两者关系的许多模糊认识是由于缺乏向决策者提供关键信息的手段而引起的，这些关键信息可以帮助决策者了解多个方案选择，及这些方案对社会、经济和环境等关键问题的影响，同时为决策者评估目标的实现情况提供平台。所以，为使可持续发展的理念具有可操作性，必须建立指标体系。在规范和设计国家级的可持续发展指标体系方面已经取得了一些重要的进展，但是，在把可持续发展目标转化成实用目标上，仍有许多工作要做。

很难概括性地归纳可持续发展政策和选择方案，因为可持续性意味着并要求多样性、灵活性和创新性。政策选择就是要在自然资源利用技术、生产和消费、生产结构转变、人口和经济行为的空间分布、以及行为方式等方面引入变化。气候变化文献对前三个议题进行了大量论述，但与行为方式和生活方式有关联的选择和决策却没有引起人们足够的关注。工业化国家的消费方式是引起气候变化的一个重要原因。如果人们改变偏好，将大大减缓气候变化。然而，要改变消费方式，就不仅要改变他们的行为方式而且还要改变他们自身，因为这是其生活方式的重要组成部分，因而也是他们自我实现的重要组成部分。而且，除了气候变化之外，还有其他方面的原因要求这么做，同时政治上也鼓励和支持这种改变。

可持续发展面临的一个迫切要求是提高政策措施的设

计能力，它能够在不阻碍发展并与国家战略相一致的前提下，探索国家经济增长目标和环境政策之间的潜在协同组合。减缓气候变化的战略提供了一个政策协同的成功范例，它使减排行动和更多的目标之间达到了最佳协调状态。改进能源效率，包括节能、转向低碳燃料、利用可再生能源和引入更多先进的非常规能源技术，预期将对控制实际的温室气体排放趋势产生重要的影响。同样，在农业和林业行动中采用新技术以及采用清洁生产工艺也能对温室气体减排产生重要贡献。依赖于这些选择的应用背景，它们通常能带来积极的附带效益或者双重红利，在有些时候无论是否有气候变化的理由都值得采用。

可持续发展无论在发达国家或发展中国家都要求对技术进行根本性的变革。技术创新、技术的快速和广泛转移、采用单个技术以及整个技术体系的选择，构成了实现气候稳定和可持续发展的全球战略的最主要因素。但是，技术转移单靠技术本身是不行的，一个能保证技术成功转移和实施的良好环境起着关键的作用，尤其是在发展中国家。如果要让技术转移带来经济和社会效益，就必须考虑当地的文化传统和能力，以及连续性地处理、运作、复制和改进技术所需的机构和组织条件。

把气候变化和可持续发展政策融入到国家发展议程的过程中，需要有新的问题解决战略和决策方法。这个任务隐含着一个双重的努力。一方面，可持续发展进程需要更严密的分析和思维体系（方法、指标、等等）把它从理论推向实践。另一方面，阐述气候变化需要清楚地识别出分析工具和方法中的假设条件的局限性，以及气候变化的科学构架中蕴含的社会和政治意义。近几年在这两方面做了大量的分析工作。在处理不确定性、复杂性、人的价值观念和决策的前后影响方面已突破了传统看法和决策框架，开发了一些新方法。并渐渐出现了一个共同的话题，那就是强调参与型决策制定框架在形成新的制度安排上的重要性。

10．4 与政策相关的主要科学问题

不同程度的气候变化限制目标（或者相应的大气温室气体浓度）带给各个国家的减排成本和损失负担也不同。考虑到相关的不确定性和未来认识的深化，气候稳定目标不可避免地是一个不断迭代的过程：各国根据本国遭受气候变化的风险和其他国家遭受气候变化对本国的敏感程度来决定自己的国家目标。而在全球谈判中把多国目标统一起来形成全球目标，这可能涉及国家之间的补偿支付。同时，责任分摊协议和达成的全球目标决定了各国的成本。与预期的全球目标相关的净损失相比较后，各国可能重新考虑它们的国内目标，尤其是当获得气候变化在全球的、地区的发展模式和影响信息时，这就成为下一轮谈判的新起点。由此看来，确立一个“魔法数字”（如全球气候变化上限或大气中温室气体的浓度上限）将是一个长期的过程，主要是一个政治过程，好在可得到科学进步的支持。

分析气候变化决策中的主要的两难问题，可以得出下面的结论（参见表 TS-7）：

- 如果不确定性问题的解决揭示出气候变化及其影响将带来很高的风险时，那么为了避免气候变化产生无法容忍的风险和/或气候变化速度（在影响方面）、以及避免痛苦的大幅度减排要求，就有必要认真制定策略来安排未来几十年的减排、适应和学习活动；
- 减排是减缓气候变化的重要形式，但减缓气候变化措施还包含范围很广的其他活动，包括投资开发低成本无碳技术、能效技术和碳控制技术等能够降低未来 CO_2 减排成本的技术；
- 由于能源系统的技术特征和不同排放途径所涉及的不确定性存在差异，在减缓措施的时机和组合安排（投资于技术开发还是立即减排）上往往引起争论；
- 国际灵活手段/机制能够帮助降低减排成本，但却引起了一系列实施和核实方面的问题，需要与成本节省权衡考虑；
- 人们已对帕累托最优[30]作为效率原则取得广泛的一致，但对建立公平的国际体制所依赖的最佳公平原则没有取得一致。在国际排放限制制度谈判中，效率和公平是最主要的关注点，它们并不相互排斥。所以，公平起着重要作用，无论是在决定排放许可权的分配上，还是/或在补偿排放贸易可能给某些国家产生不成比例的过高负担的机制安排上。最终，建立一个组合多种公平原则而不只是选用一个公平原则的机制更加重要。非碳技术、能源效率、以及非二氧化碳温室气体减排技术在世界范围的扩散将在短期内对降低排放起到重要作用，但有很多障碍阻碍技术转让，包括市场不完善、政治问题和经常被忽

[30] Pareto最优是任何一个个体的福利在不损害其他个体的福利时就不可能进一步改善的一种要求或状态。

表 TS-7：近期减缓选择的权衡。

论点	*倾向于早期适度减排*	*倾向于早期严格减排*
技术发展：	· 能源技术正处在变革之中，即使没有政策干预，对现有技术的改良方案正在变得可行。 · 适当早地推广使用迅速改善的技术可以降低学习曲线成本，避免过早地被锁定在现有的低生产效率的技术之中。 · 迅速改进的技术发展需要对基础研究进行投资。	· 低成本方法的可用性也可能会对排放轨迹产生实质性的影响。 · 内生的（市场引起的）变化能够加速低成本方法的发展（从实际中学习）。 · 聚集效应突出了转移到低排放轨迹的重要性。 · 引导能源技术研发，尽早从化石燃料开发转到低碳技术。
资本与惯性：	· 从最初的适度排放限制开始，可避免现有的资本过早退役，可充分利用资本存量的自然更新速度。 · 同时还降低了已有资本的转移成本，防止由挤出效应而造成投资价格的上升。	· 通过影响今后新的投资来更加充分地利用资本存量的自然更新。 · 通过把排放量限制到与低二氧化碳浓度稳定情景相一致的水平，保留了利用当前技术将二氧化碳浓度限制到低水平的选择权 · 降低稳定浓度约束的不确定性的风险，并由此降低被迫快速减排而要求资本过早退役的风险。
社会影响与惯性：	· 渐进的减排安排使得人们有更多的时间维持劳动能力并进行劳动力市场和教育的结构调整，从而降低部门性失业的程度。 · 减少了快速变化人们的生活方式和安排而引起的福利损失。	· 尤其是如果最终需要更低的稳定性目标，早期较强的行动将减低后续减排的最大幅度，并减少相关的过渡问题、混乱、以及人们因生活方式和生活安排的快速变化而引起的福利损失。
贴现和代际公平：	· 降低了未来减排成本的现值 *(如其余情况相同)*，但可能通过使用廉价的技术和提高未来的收入水平来减少未来的相关成本。	· 降低影响并降低这些影响的现值。*(如其余情况相同)*。
碳循环与辐射改变：	· 短期内二氧化碳浓度出现短暂的略微上升。 · 更多的早期排放被吸收，在给定的稳定浓度约束下，可使本世纪的碳排放总量提高（通过以后更低的排放量来补偿）。	· 短期内二氧化碳浓度出现短暂的微小下降。 · 降低了温度变化的峰值。
气候变化的影响：	· 从过去几十年相对快速的气候变化来看，还没有明显的破坏证据。	· 避免由于气候快速变化而可能出现的更大破坏。

略的交易成本。

· 当前全球性的和大陆性的环境问题存在明显的关联，国际社会企图解决这些问题，但尚未就共同应对其中一些问题的可能协作进行彻底探究，更不用说其发挥作用了。

对人为引起的气候变化的减缓和适应决策是各有区别的。减缓气候变化决策涉及许多国家，效益在几十年到几个世纪内分散在全世界（有些是近期的附带效益），在当今可获得的信息的基础上，依靠公共政策实施的推动，还需要相关法规的严格执行。相反，适应决策仅涉及费用和投资回报之间的较短时间，相关的成本和效益是地区性的，其实施仅波及当地公共政策以及受影响的社会机构独自采取的适应措施，二者都以信息的改进为基础。地

区的减缓和适应能力随地区和时间变化很大。减缓和适应政策的组成取决于地区或国家的优先考虑，以及乐意采用的结合国际责任的方法。

气候变化问题的每个方面都具有很大的不确定性，决策者今天很难确定一个全球接受的温室气体浓度稳定水平。第10章评估的那些研究支持如下的明显的预期：较低的稳定目标将涉及更高的减缓成本和更艰巨的近期减排任务。但另一方面，如第二工作组报告中所说，目标越低引发的生物和地理影响越小，因此造成的损失和适应成本就越小。

11. 认识差距

在知识掌握方面还存在重要差距，对此增加研究有助于支持未来评估，包括以下方面：

- *进一步探索地区、国家和部门的技术及社会创新潜力，包括：*
  - CO_2和非CO_2，非能源减排选择的短、中、长期潜力和成本；
  - 了解不同地区的技术推广情况；
  - 在社会创新领域识别出能够减少温室气体排放的机会；
  - 减缓措施对陆地系统碳流入和流出影响的综合分析；
  - 在地理工程领域进行一些基础性调查。

- *所有国家减缓气候变化的经济、社会和制度问题，优先领域包括：*
  - 建议对区域性的具体减缓选择、障碍和政策作出更多的分析，这些问题通常决定区域的减缓能力；
  - 减缓在公平方面的含义；
  - 探讨正确的研究减缓气候变化问题的方法论以及改进的数据来源，并在综合评价领域进行能力建设；
  - 加强对未来的研究和评估工作，尤其是在发展中国家。

- *分析减缓潜力及其成本的方法论，特别注意结果之间的可比性。包括以下例子：*
  - 分析阻碍温室气体减排行动的障碍特征及其度量方法；
  - 使减缓气候变化的构模技术更具一致性、可重复性和可获得性；
  - 了解建模技术，改进评估附带效益的分析工具，例如把减缓成本分配给温室气体或其他污染物；
  - 系统地分析不同温室气体稳定情景下成本对基准线假设条件的依赖程度；
  - 开发决策分析框架，解决在气候政策制定中的不确定性问题和社会经济及生态风险问题；
  - 在处理和报告非附件一国家和地区的研究情况时，改进全球模型和分析方法、它们的假设以及一致性问题。

- *在发展、可持续性和公平的背景下来评价气候变化减缓选择。包括以下例子：*
  - 进行更多的研究工作，以便在发展、可持续性和公平的背景下实现减缓选择与适应选择以及减缓能力与适应能力的平衡；
  - 在所有部门，包括交通部门，探讨包括可持续消费方式在内的不同发展道路，对减缓和适应进行综合分析；
  - 识别出将直接的气候政策和推动可持续发展的一般政策协调起来的机会；
  - 在减缓气候变化研究中结合代内和代际间公平；
  - 公平性评估的含义；
  - 在广泛的稳定浓度体制下，分析减排选择在科学、技术和经济等方面的含义；
  - 确定什么样的政策干预以及在何种社会经济条件下产生未来的低CO_2排放；
  - 调查社会价值发生什么样的变化能够鼓励和推动可持续发展；
  - 在潜在或实际的适应性措施并使其相互协调的背景下，评估减缓气候变化的选择。

- *针对世界的具体地区和／或国家的温室气体减排潜力，开展工程经济、终端利用和部门研究。重点为：*
  - 确定并评价短期内（2010、2020）偏离照常发展情景（BAU）所需要的减排技术和措施；
  - 开发标准化的方法来量化减排量以及减排技术和措施的成本；
  - 识别减排技术和措施实施的障碍；
  - 通过与附带效益以及未来的发展、可持续性和公平目标相结合，识别各种增加温室气体减排技术和措施应用率的机会；
  - 把能克服已知障碍以及能扩大附带效益的具体政策和计划与评估结果联系起来。

气候变化 2001:
综合报告

附　录

政府间气候变化专业委员会评估报告

术语表及其他附录将不提交给委员会采取行动，这与IPCC内部所采取的通常惯例是一致的。

A. 作者和专家评审
B. 术语
C. 缩略语和单位
D. 专业委员会选择的科学、技术和社会经济问题
E. IPCC主要报告一览表

附录A: 作者和专家评审

阿根廷

Daniel Bouille	Fundecion Bariloche
Marcelo Cabido	IMBIV, University of Cordoba
Osvaldo F. Canziani	Co-Chair, WGII
Rodolfo Carcavallo	Department of Entomology
Jorge O. Codignotto	Laboratorio Geologia y Dinamica Costera
Martin de Zuviria	Aeroterra S.A.
Sandra Myrna Diaz	Instituto Multidisciplinario de Biologia Vegetal
Jorge Frangi	Universidad Nacional de la Plata
Hector Ginzo	Instituto de Neurobiologia
Osvaldo Girardin	Fundacion Bariloche
Carlos Labraga	Consejo Nacional de Investigaciones Cientificas y Tecnicas, Centro Nactional Patagonico
Gabriel Soler	Fundacion Instituto Latinoamericano de Politicas Sociales (ILAPS)
Walter Vargas	University of Buenos Aires - IEIMA
Ernesto F. Viglizzo	PROCISUR/INTO/CONICET

澳大利亚

Susan Barrell	Bureau of Meteorology
Bryson Bates	CSIRO
Ian Carruthers	Australian Greenhouse Office
Habiba Gitay	Australian National University
John A. Church	CSIRO Division of Oceanography
Ove Hoegh-Guldberg	The University of Queensland
Roger Jones	CSIRO Atmospheric Research
Bryant McAvaney	Bureau of Meteorology Research Centre
Chris Mitchell	CSIRO Atmosphere Research
Ian Noble	Australian National University
Barrie Pittock	CSIRO (Climate Impact Group)
Andy Reisinger	Ministry for the Environment
B. Soderbaum	Greenhouse Policy Office, Australian Greenhouse Office
Greg Terrill	Australian Greenhouse Office
Kevin Walsh	Principal Research Scientist CSIRO Atmospheric Research
John Zillman	Vice-Chair, WGI

奥地利

Renate Christ	IPCC Secretariat
Helmut Hojesky	Federal Ministry for Environment
K. Radunsky	Federal Environment Agency

孟加拉

Q.K. Ahmad	Bangladesh Unnayan Parishad

巴巴多斯

Leonard Nurse	Coastal Zone Management Unit

比利时

Philippe Huybrechts	Vrije Universiteit Brussel
C. Vinckier	Department of Chemistry, KULeuven
R. Zander	University of Liege

贝宁

Epiphane Dotou Ahlonsou	Service Météorologique National

Michel Boko	Universite de Bourgogne

波斯尼亚
Permanent Mission of Bosnia & Herzegovina

博茨瓦那
Pauline O. Dube	University of Botswana

巴西
Gylvan Meira Filho	Vice-Chair, IPCC
Jose Roberto Moreira	Biomass User Network (BUN)

加拿大
Brad Bass	Environment Canada
James P. Bruce	Canadian Climate Program Board
Margo Burgess	Natural Resources Canada
Wenjun Chen	Natural Resources Canada
Jing Chen	University of Toronto
Stewart J. Cohen	Environment Canada
Patti Edwards	Environment Canada
David Etkin	Environment Canada
Darren Goetze	Environment Canada
J. Peter Hall	Canadian Forest Service
H. Hengeveld	Environment Canada
Pamela Kertland	Natural Resources Canada
Abdel Maaroud	Environment Canada
Joan Masterton	Environment Canada
Chris McDermott	Environment Canada
Brian Mills	Environment Canada
Linda Mortsch	Environment Canada
Tad Murty	Baird and Associates Coastal Engineers
Paul Parker	University of Waterloo
John Robinson	University of British Columbia
Hans-Holger Rogner	University of Victoria
Daniel Scott	Environment Canada
Sharon Smith	Natural Resources Canada
Barry Smit	University of Guelph
John Stone	Vice-Chair, WGI
Tana Lowen Stratton	Dept. Foreign Affairs and International Trade
Roger Street	Environment Canada
Eric Taylor	Natural Resources Canada
G. Daniel Williams	Environment Canada (retired)

智利
E. Basso	Independent Consultant

中国
Du Bilan	China Institute for Marine Development Strategy
Z. Chen	China Meteorological Administration
Liu Chunzhen	Hydrological Forecasting & Water Control Center
Zhou Dadi	Energy Research Institute
Qin Dahe	China Meteorological Administration
Xiaosu Dai	IPCC WGI TSU
Lin Erda	Chinese Academy of Agricultural Science

Mingshan Su	Tsinghua University
Yihui Ding	Co-Chair, WGI
Guangsheng Zhou	Chinese Academy of Sciences
Z.C. Zhao	National Climate Center

古巴

Ramon Pichs-Madruga	Vice-Chair, WGIII
A.G. Suarez	Cuban Environmental Agency

捷克共和国

Jan Pretel	Vice-Chair, WGII

丹麦

Jesper Gundermann	Danish Energy Agency
Kirsten Halsnaes	Riso International Laboratory
Erik Rasmussen	Danish Energy Agency
Martin Stendel	Danish Meteorological Institute

芬兰

Timothy Carter	Finnish Environment Institute
P. Heikinheimo	Ministry of Environment
Raino Heino	Finnish Meteorological Institute
Pekka E. Kauppi	University of Helsinki
R. Korhonen	VTT Energy
A. Lampinen	University of Jyv‰skyla
I. Savolainen	VTT Energy

法国

Olivier Boucher	Universite de Lille I
Marc Darras	Gaz de France
Jane Ellis	OECD
Jean-Charles Hourcade	CIRED/CNRS
J.C. Morlot	Environment Department
M. Petit	Ecole Polytechnique

冈比亚

B.E.Gomez	Department of Water Resources
M. Njie	Department of Water Resources

德国

Heinz-Jurgen Ahlgrimm	Institute for Technology & Biosystems
Rosemarie Benndorf	Umweltbundesamt
Peter Burschel	Technische Universitat Munchen
Ulrich Cubasch	Max Planck Institut für Meteorologie
U. Fuentes	German Advisory Council on Global Change
Joanna HouseMax	Planck Inst. Biogeochemie
Jucundus Jacobeit	Universitaet Wuerzburg
Eberhard Jochem	Vice-Chair, WGIII
Harald Kohl	Federal Ministry of the Environment
Petra Mahrenholz	Federal Environmental Agency of Germany
I. Colin Prentice	Max Planck Institute for Biogeochemistry
C. le Quèrè	Max Planck Institute for Biogeochemistry
Sarah Raper	University of East Anglia

Ferenc Toth	Potsdam Institute for Climate Impact Research
Manfred Treber	Germanwatch
R. Sartorius	Umweltbundesamt
Michael Weber	Ludwig-Maximilians Universit‰t M¸nchen
Gerd-Rainer Weber	Gesamtverband des Deutschen Steinkohlenberghaus

匈牙利

G. Koppany	University of Szeged
Halldor Thorgeirsson	Ministry for the Environment

印度

Murari Lal	Indian Institute of Technology
Rajendra K. Pachauri	Tata Energy Research Institute
N.H. Ravindranath	Indian Institute of Sciences
Priyadarshi Shukla	Indian Institute of Management
Leena Srivastava	Tata Energy Research Institute

印度尼西亚

R.T.M. Sutamihardja	Vice-Chair, WGIII

以色列

Simon Krichak	Tel Aviv University

意大利

Filippo Giorgi	Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP)
Annarita Mariotti	ENEA Climate Section

日本

Kazuo Asakura	Central Research Institute (CRIEPI)
Noriyuki Goto	University of Tokyo, Komaba
Mariko Handa	Organization for Landscape and Urban Greenery Technology Development
Hideo Harasawa	Social and Environmental Systems Division
Yasuo Hosoya	Tokyo Electric Power Company
Y. Igarashi	Ministry of Foreign Affairs
Takeshi Imai	The Kansai Electric Power Co., Inc.
M. Inoue	Ministry of Economy, Trade and Industry
Hisashi Kato	Central Research Institute of Electric Power Industry
Naoki Matsuo	Global Industrial and Social Progress Research Institute (GISPRI)
Hisayoshi Morisugi	Tohoku University
Tsuneyuki Morita	National Institute for Environmental Studies
Shinichi Nagata	Environment Agency
S. Nakagawa	Japan Meteorological Agency
Yoshiaki Nishimura	Central Research Institute of Electric Power Industry
Ichiro Sadamori	Global Industrial and Social Progress Research Institute (GISPRI)
Akihiko Sasaki	National Institute of Public Health
Shojiro Sato	Chuba Electric Power Co.
A. Takeuchi	Japan Meteorological Agency
Kanako Tanaka	Global Industrial and Social Progress
Tomihiro Taniguchi	Vice-Chair, IPCC

肯尼亚

Richard S. Odingo	Vice-Chair, WGIII
Kingiri Senelwa	Moi University

马拉维

Paul Desanker	University of Virginia

墨西哥

Gustavo Albin	Permanent Representative Mission of Mexico

摩洛哥

Abdelkader Allali	Ministry of Agriculture, Rural Development and Fishing
Abdalah Mokssit	Centre National du Climat et de Recherchco Meteorologiques

荷兰

Alphonsus P.M. Baede	Royal Netherlands Meteorological Institute (KNMI)
T.A. Buishand	Royal Netherlands Meteorological Institute
W.L. Hare	Greenpeace International
Catrinus J. Jepma	University of Groningen
E. Koekkoek	Ministry of Housing, Spacial Planning and the Environment
Rik Leemans	National Institute of Public Health and Environmental Protection
K. McKullen	Greenpeace International
Bert Metz	Co-Chair, WGIII
Leo Meyer	Ministry of the Environment
Maresa Oosterman	Ministerie van Buitenlandse Zaken
M.B.A.M. Scheffers	National Institute for Coastal and Marine Management
Rob Swart	Head, WGIII TSU
H.M. ten Brink	ECN
Aad P. van Ulden	Royal Netherlands Meteorological Institute
J. Verbeek	Ministry of Transport, Public Works and Water Management

新西兰

Jon Barnett	Macmillan Brown Centre for Pacific Studies, University of Canterbury
Vincent Gray	Climate Consultant
Wayne Hennessy	Coal Research Association of New Zealand, Inc.
Piers Maclaren	NZ Forest Research Institute
Martin Manning	Vice-Chair, WGII
Helen Plume	Ministry for the Environment
A. Reisinger	Ministry for the Environment
J. Salinger	National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd (NIWA)
Ralph Sims	Massey University

尼日尔

Garba Goudou Dieudonne	Office of the Prime Minister

尼日利亚

Sani Sambo	Abubakar Tafawa Balewa University

挪威

Torgrim Aspjell	The Norwegian Pollution Control Authorities
Oyvind Christophersen	Ministry of Environment
Eirik J. Forland	Norwegian Meteorological Institute
S. Gornas	University of Bergen
Jarle Inge Holten	Terrestrial Ecology Research
Snorre Kverndokk	Frischsenteret/Frisch Centre
A. Moene	The Norwegian Meteorological Institute
Audun Rossland	The Norwegian Pollution Control Authorities
Nils R. Saelthun	Norwegian Water Resources and Energy Administration

Tom Segalstad	University of Oslom Norway
S. Sundby	Institute of Marine Research
Kristian Tangen	The Fridtjof Nansen Institute

阿曼

Mohammed bin Ali Al-Hakmani	Ministry of Regional Municipalities, Environment & Water Resources

巴基斯坦

Tariq Banuri	Sustainable Development Policy Institute

秘鲁

Eduardo Calvo	Vice-Chair, WGIII
Nadia Gamboa	Pontificia Universidad Catolica del Peru

菲律宾

Lewis H. Ziska	International Rice Research Institute

波兰

Jan Dobrowolski	Goetelís School of Environmental Protection & Engineering
Zbyszek Kundzewicz	Polish Academy of Sciences
Miroslaw Mietus	Institute of Meteorology & Water Management
A. Olecka	National Fund for Environmental Protection and Water Management
M. Sadowski	National Fund for Environmental Protection and Water Management
Wojciech Suchorzewski	Warsaw University of Technology

罗马尼亚

Vasile Cuculeanu	National Institute of Meteorology and Hydrology
Adriana Marica	National Institute of Meteorology and Hydrology

俄罗斯

Yurij Anokhin	Institute of Global Climate & Ecology
Oleg Anisimov	State Hydrological Institute
Igor Bashmakov	Centre for Energy Efficiency (CENEF)
Igor Karol	Main Geophysical Observatory
Alla Tsyban	Institute of Global Climate and Ecology
Yuri Izrael	Vice-Chair, IPCC

塞内加尔

Alioune Ndiaye	Vice-Chair, WGII

萨拉里昂

Ogunlade R. Davidson	Co-chair, WGIII

捷克斯洛伐克共和国

Milan Lapin	Comenius University

南非

Gerrie Coetzee	Department of Environmental Affairs and Tourism
Bruce Hewitson	University of Capetown
Steve Lennon	Eskom
Robert J. Scholes	CSIR

西班牙

Sergio Alonso	University of the Balearic Islands

Francisco Ayala-Carcedo	Geomining Technological Institute of Spain
Luis Balairon	National Meteorological Institute
Felix Hernandez	CSIC
Don Antonio Labajo Salazar	Government of Spain
Maria-Carmen Llasat	Botija University of Barcelona
Josep Penuelas	Center for Ecological Research & Forestry Applications
Ana Yaber	University, Complutense of Madrid

斯里兰卡

Mohan Munasinghe	Vice-Chair, WGIII
B. Punyawardena	Department of Agriculture

苏丹

Nagmeldin Elhassan	Higher Coucil for Environment & Natural Resources

瑞典

Marianne Lillieskold	Swedish Environmental Protection Agency
Ulf Molau	University of Gothenburg
Nils-Axel Morner	Paleogeophysics & Geodynamics Stockholm University
Markku Rummukainen	Swedish Meterorological and Hydrological Institute

瑞士

Christof Appenzeller	Federal Office of Meteorology and Climatology (MetroSwiss)
Fortunat Joos	Vice-Chair, WGI
Herbert Lang	Swiss Federal Institute of Technology Zurich (ETH)
JosÈ Romero	Office Federal de líEnvironnement, des Forets et du Paysage
T. Stocker	University of Bern

坦桑尼亚

M.J. Mwandosya	Centre for Energy, Environment, Science, and Technology
Buruhani S. Nyenzi	Vice-Chair, WGI

英国

Nigel Arnell	University of Southampton
C. Baker	Natural Environment Research Council
Terry Barker	University of Cambridge
K. G. Begg	University of Surrey
S.A. Boehmer-Christiansen	University of Hull
Richard Courtney	The Libert
K. Deyes	Department for Environment, Food and Rural Affairs
Thomas E. Downing	Environmental Change Institute University of Oxford
Caroline Fish	Global Atmosphere Division
Chris Folland	Met Office, Hadley Centre
Jonathan Gregory	Hadley Climate Research Centre
Steve Gregory	Forestry Commission
David Griggs	Head, WG-I TSU
Joanna Haigh	Imperial College
M. Harley	English Nature
Susan Haseldine	Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA)
John Houghton	Co-Chair, WG-I
Mike Hulme	University of East Anglia
Michael Jefferson	World Energy Council
Cathy Johnson	IPCC, Working Group I
Sari Kovats	London School of Hygiene and Tropical Medicine
David Mansell-Moullin	International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA)

Anil Markandya	University of Bath
A. McCulloch	ICI Chemicals & Polymers Limited
Gordon McFadyen	Global Atmospheric Division Deparment of the Environment, Transport and the Regions
A.J. McMichael	London School of Hygiene and Tropical Medicine
Aubrey Meyer	Global Commons Institute
John Mitchell	Hadley Center
Martin Parry	Jackson Environment Institute
J.M. Penman	Department of the Environment, Transport and the Regions
S. Raper	University of East Anglia
Keith Shine	Department of Meteorology, University of Reading
P. Singleton	Scottish Environment Protection Agency
Peter Smith	IACR-Rothamsted
P. Smithson	University of Sheffield
Peter Thorne	School of Environmental Sciences, University of East Anglia
P. van der Linden	Met Office Hadley Centre for Climate Prediction and Research
David Warrilow	Department of the Environment, Food and Rural Affairs
Philip L. Woodworth	Bidston Observatory

美国

Dilip Ahuja	National Institute of Advanced Studies
Dan Albritton	NOAA Aeronomy Laboratory
Jeffrey S. Amthor	Oak Ridge National Laboratory
Peter Backlund	Office of Science and Technology Policy/Environment Division
Lee Beck	U.S. Environmental Protection Agency
Leonard Bernstein	IPIECA
Daniel Bodansky	U.S. Department of State
Rick Bradley	US Department of Energy
James L. Buizer	National Oceanic & Amtospheric Administration
John Christy	University of Alabama
Susan Conard	Office of Science and Technology Policy/Environment Division
Curt Covey	Lawrence Livermore National Laboratory
Benjamin DeAngelo	U.S. Environmental Protection Agency
Robert Dickinson	University of Arizona
David Dokken	University Corporation for Atmospheric Research
Rayola Dougher	American Petroleum Institute
William Easterling	Pennsylvania State University
Jerry Elwood	Department of Enegry
Paul R. Epstein	Harvard Medical School
Paul D. Farrar	Naval Oceanographic Office
Howard Feldman	American Petroleum Institute
Josh Foster	NOAA Office of Global Programs
Laurie Geller	National Research Council
Michael Ghil	University of California, Los Angeles
Vivien Gornitz	Columbia University
Kenneth Green	Reason Public Policy Institute
David Harrison	National Economic Research Associates
David D. Houghton	University of Wisconsin-Madison
Malcolm Hughes	University of Arizona
Stanley Jacobs	Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University
Henry D. Jacoby	Massachusetts Institute of Technology
Judson Jaffe	Council of Economic Advisers
Steven M. Japar	Ford Motor Company
Russell O. Jones	American Petroleum Institute
Sally Kane	NOAA
T. Karl	NOAA National Climatic Data Center

Charles Keller	IGPP.SIO.UCSD
Haroon Kheshgi	Exxon Research & Engineering Company
Ann Kinzig	Arizona State University
Maureen T. Koetz	Nuclear Energy Institute
Rattan Lal	Ohio State Universtiy
Chris Landsea	NOAA AOML/Hurricane Research Division
Neil Leary	Head, WGII TSU
Sven B. Lundstedt	The Ohio State University
Anthony Lupo	University of Missouri - Columbia
Michael C. MacCracken	U.S. Global Change Research Program
James J. McCarthy	Co-Chair, WGII
Gerald Meehl	NCAR
Robert Mendelsohn	Yale University
Patrick Michaels	University of Virginia
Evan Mills	Lawrence Berkeley National Laboratory
William Moomaw	The Fletcher School of Law and Diplomacy, Tufts University
Berrien Moore	University of New Hampshire
James Morison	University of Washington
Jennifer Orme-Zavaleta	USEP/NHEERL/WED
Camille Parmesan	University of Texas
J.A. Patz	Johns Hopkins University
Joyce Penner	University of Michigan
Roger A. Pielke	Colorado State University
Michael Prather	University of California Irvine
Lynn K. Price Lawrence	Berkeley National Laboratory
V. Ramaswamy	NOAA
Robert L. Randall	The RainForest ReGeneration Institute
Richard Richels	Electric Power Research Institute
David Rind	National Aeronautics and Space Agency
Catriona Rogers	U.S. Global Change Research Program
Matthias Ruth	University of Maryland
Jayant Sathaye	Lawrence Berkeley National Laboratory
Michael Schlesinger	University of Illinois-Urbana-Champaign
Stephen Schneider	Stanford University
Michael J. Scott	Battelle Pacific Northwest Natíl Laboratory
Roger Sedjo	Resources for the Future
Walter Short	National Renewable Energy Laboratory
Joel B. Smith	Stratus Consulting Inc.
Robert N. Stavins	John F. Kennedy School of Government, Harvard University
Ron Stouffer	US Dept of Commerce/NOAA
T. Talley	Office of Global Change, U.S. Department of State
Kevin Trenberth	NCAR
Edward Vine	Lawrence Berkeley National Laboratory
Henry Walker	U.S. Environmental Protection Agency
Robert Watson	Chair, IPCC
Howard Wesoky	Federal Aviation Administration
John P. Weyant	Energy Modeling Forum, Stanford University
Tom Wilbanks	Oak Ridge National Laboratory

委内瑞拉

Armando Ramirez Rojas	Vice-Chair, WGI

津巴布韦

Chris Magadza	University of Zimbabwe
M.C. Zinyowera	MSU Zimbabwe Gvt

附录B: 术语

本术语表以《IPCC第三次评估报告》（IPCC, 2001a,b,c)中的术语表为基础，但是对部分条目的准确性和前后一致性做了部分调整。本术语表中单列出的条目以斜体字加以突出。

驯化

对气候变异的生理性适应。

共同执行活动（AIJ）

*联合履行*的试验阶段，如《*联合国气候变化框架公约*》第4条第2款(a)项所定义，即允许发达国家（及其公司）和发达国家与发展中国家（及其公司）之间进行项目活动。AIJ旨在通过共同执行项目活动，使得《联合国气候变化框架公约》缔约方从中获得经验。在试验阶段，AIJ活动不存在信用。对于未来的AIJ项目及其与京都机制有怎样联系都需要再做决定。作为可交易许可证的简单形式，AIJ与其他基于市场的计划方案一样，对于刺激有益于全球环境的额外的资源流动，是一种重要的且有潜力的机制。另见*清洁发展机制和排放贸易*。

适应性

参见*适应能力*。

适应

指自然和人*为系统*对新的或变化的环境做出的调整。适应*气候变化*是指自然和人为系统对于实际的或预期的气候*刺激*因素及其影响所做出的趋利避害的反应。可以将各种类型的适应加以区分，如预期性适应和反应性适应，私人适应和公共适应，自动适应和有计划的适应。

适应性评估

根据有效性、收益、成本、效用、效率和可行性等标准对*气候变化*的适应措施进行评定的行为。

适应性收益

由于采取和*实施适应性*措施而避免的破坏性损失或增加的收益。

适应性成本

计划、准备、推动和实施*适应性*措施而进行的支出，包括过渡期的花费。

适应能力

调整能力，从而缓解潜在危害，利用有利机遇，或处理后果。

额外性

在没有《*京都议定书*》关于*联合履行*和*清洁发展机制*所定义的联合履行和清洁发展机制项目活动时，减少*源排放*或增强各种*汇*的清除被视为额外的。这个定义可扩大到包括财政的、投资和*技术*额外性。在“财政额外性”中，项目活动资金对现有的全球环境基金、附件一所列缔约方的其他财政承诺、官方发展援助和其他合作来说是额外的。在“投资额外性”中，*排放减少单位/经证明的排放减少单位*的*价值*，将极大地提高项目活动的财政的和/或商业的有效性。在“技术额外性”中，项目活动所使用的技术将最适用于东道国。

调整时间

参见*生命期*；还参见*响应时间*。

气溶胶

空气中固态或液态颗粒的聚集体，通常大小在0.01 mm至10 mm之间，能在大气中驻留至少几个小时。气溶胶有自然的和人*为*的两种来源。气溶胶可以通过两种途径对*气候*产生影响：通过散射和吸收辐射产生直接影响；通过在云形成过程中扮演凝结核或改变云的光学性质和生存时间而产生间接影响。见*间接气溶胶效应*。

造林

在历史上没有树林的地区种植新的*树林*。关于森林及相关词条如*造林*、*再造林*和*毁林*，请参见《IPCC土地利用、土地利用变化和林业特别报告》（IPCC, 2000b）。

累积影响

各部门和/或区域的影响总和。影响的累计需要了解（或设定）不同部门和区域影响的相对重要程度。累积影响的衡量标准包括，如受影响的人口总数量、净初级生产力的变化、正在变化的系统数目、或总的经济损失。

反射率

*太阳辐射*被表面或物体所反射的比率，常以百分数表示。覆雪表面具有高的反射率；土壤的反射率由高到低变化较大；植被表面和海洋的反射率较低。地球的反射率主要因云的变化、冰、雪和土地覆被状况的改变而变化。

藻花

江河、湖泊或海洋中的藻类大量繁殖。

高山性的

林木线以上的山坡，以蔷薇草本植物和生长缓慢的低矮灌木植物为特色的生物地理区域。

替代发展道路

指所有国家有关*社会价值*和消费生产模式的各种可能的情景，包括但不限于延续现行模式。在本报告中，这些道路不包括额外的气候政策，即不包括明确假定履行《*联合国气候变化框架公约*》或实现《*京都议定书*》排放目标的情景，但确实包括间接影响*温室气体排放*的其他政策假设。

替代能源

非化石燃料能源。

辅助效益

特定的*气候变化减缓*政策产生的辅助或附带效益。这样的政策不仅对*温室气体排放*产生影响，而且影响资源的有效使用，如减少当地和区域的*化石燃料*使用所造成的空气污染物排放，还对诸如交通、农业、*土地利用*、就业和燃料安全等问题产生影响。有时，这些效益是指“负面影响”，来反映在某些情况下这些所谓“效益”是不好的。从以减少当地空气污染为目的政策角度来看，温室气体减排可能也被认为是辅助收益，但这些关系在此评价中不予考虑。

附件一国家/缔约方

《*联合国气候变化框架公约*》附件一（1998年修订）所包括的国家集团，是经济合作发展组织中的所有发达国家和*经济转型*国家。其他不履行公约的国家即*非附件一国家*。根据公约第4.2(a)和 4.2(b)款，附件一国家承诺2000年前单独或联合将*温室气体排放*控制在1990年的水平。也参见*附件二*、*附件B*和*非附件B*国家。

附件二国家

《*联合国气候变化框架公约*》附件二中所包括的国家集团，是指经济合作发展组织中的所有发达国家。在公约第4.2(g)款下，这些国家被期望对发展中国家提供财政援助，以帮助发展中国家履行义务，如准备国家报告。附件二国家还被期望推动*环保友好技术*向发展中国家的转让。另见*附件一*、*附件B*、*非附件一*和*非附件B国家/缔约方*。

附件B国家/缔约方

《*京都议定书*》附件B 包括的国家集团，这些国家一致达成减少*温室气体排放*的目标，包括除土耳其和白俄罗斯之外的所有*附件一国家* （1998年修订）。另见*附件二*、*非附件一*和*非附件B 国家/缔约方*。

人为的

起因于人类的或由人类产生的。

人为排放

与人类活动相关的*温室气体*、温室气体*前体*和*气溶胶*的排放。这些包括为获得能源而燃烧*化石燃料*、*毁林*和导致排放净增长的*土地利用*变化。

水产养殖

繁育和喂养鱼类、贝壳类等水生生物的活动，或在特殊的池塘中种植食用植物。

含水层

具有纳水能力的渗透岩石层。一个非封闭型含水层直接由地方降水、河流和湖泊进行补灌，补灌的速率一般受到上面土壤和岩石渗透力的影响。封闭型含水层上部为非渗透层，地方降水对含水层没有影响。

干旱区

年降水量小于250mm的生态区。

分配数量 (AAs)

《*京都议定书*》规定，每一个*附件B 国家*的排放量不超过第一承诺期的（为期5年，2008--2012年）的*温室气体排放总量*，就是分配数量。计算方法如下，用该国家1990年总的温室气体排放量乘以5，再乘以《京都议定书》附件B 中所列的百分比数（例如，欧盟为92%；美国为93%）。

分配数量单位(AAU)

用*全球增温潜势*值计算，相当于一吨（公吨）二氧*化碳当量*的排放。

大气

环绕地球的气层。干大气几乎完全由氮（78.1%的*体*

积混合比）和氧（20.9%的体积混合比）构成，还包括一些微量气体，如氩（0.93%的体积混合比）、氦，以及对辐射起作用的*温室气体*如二氧*化碳*（0.035%的体积混合比）和臭氧。此外，大气还包括水汽（其含量变化很大，典型的体积混合比为1%）。大气还包括云和气溶胶。

归因

见*探测和归因*。

储蓄

根据《*京都议定书*》[第3（13）款]，《*联合国气候变化框架公约*》附件一所列缔约方，可以将由第一承诺期节省的*排放*许可或信用用于后面的承诺期（2012年以后）。障碍是指实现一个潜在目标中的任何阻碍，这些阻碍可通过政策、计划或措施予以克服。

基准线

基准线（或参照）是指用于衡量变化大小的一些数据。它可能是“当前基准线”，在这种情况下，其代表了可观测的当前的状况；它也可能指“未来基准线”，是排除了利益驱动因素后对未来情况的一种预测。不同的参照条件可以得出不同意义的基准线。

流域

溪流、江河和湖泊流经的排水区域。

生物多样性

在特定地域拥有大量的、极其丰富的各类基因（基因多样）、物种和*生态系统*（共存的群体）。

生物燃料

由干燥的有机物生成的燃料或植物生成的燃油。生物燃料的例子包括：酒精（由糖发酵而来）、由造纸产生的黑液、木材和豆油。

生物量

指定的面积或体积中生命有机体的质量总和；近期死亡的植株部分常被作为死亡生物量。

生物群落

在一个大范围的区域，在相似的环境条件下存在的许多类似的植物和动物群体的组合。

（陆地和海洋的）生物圈

地球系统的一部分，由大气、陆地（陆地生物圈）、海洋（海洋生物圈）中的所有*生态系统*和现存的有机体构成，包括派生的死亡有机物，例如枯枝、土壤有机物和海洋腐质。

生物区系

一个地区所有生命有机体的总和，动植物被认为是一个整体。

黑碳

业务上根据光线吸收性、化学活性和/或热稳定性等条件定义的种类，包括煤烟、木炭和/或吸收光线的难熔的有机物(Charlson 和 Heintzenberg, 1995年)。

沼泽

植物体聚集的极难排水的区域，通常由开放的水域包围而且有一些特有的植物群体（如苔草、石南灌丛、泥炭藓）。

北部森林

由加拿大东海岸向西延伸到阿拉斯，然后从西伯利亚向西穿过整个俄罗斯到欧洲平原，由松树、云杉、冷杉、落叶松构成的*森林*。

自下而上模型

一种建立模型的方法，分析中包括技术和工程细节。另见*自上而下模型*。

负载

大气中所关心的气态物质的总质量。

能力建设

在*气候变化*中，能力建设是指开发发展中国家和经*济转型*期国家的技术技能和机构运转能力，使这些国家参与从各个层面的气候变化*适应*、*减缓*和研究并*执行京都机制*等工作。

含碳气溶胶

主要成分为有机物和多种形式的黑炭的气溶胶(Charlson和 Heintzenberg, 1995年)。

碳循环

用于描述*大气*、海洋、陆地*生物圈*和*岩石圈*中碳流动（以各种形式，如*二氧化碳*）的术语。

二氧化碳(CO_2)

一种可以自然生成的气体，也可以是燃烧化石燃料和*生物质*、以及*土地使用变化*和其他工业过程的副产品。它是影响*地球辐射平衡*的主要人为*温室气体*。它是度量其他温室气体的参考气体，其*全球增暖潜力*指数为1。

二氧化碳(CO_2)肥沃化

大气中*二氧化碳*浓度增加导致植物生长加速。因光合作用的机制，某些种类的植物对大气二氧化碳浓度变化十分敏感。尤其是在光合作用中产生三碳化合物（C_3） 的植物，如水稻、麦子、黄豆、土豆和蔬菜，一般来说，比在光合作用中产生四碳化合物（C_4） 的植物，对大气中二氧化碳浓度变化反应更大，后者主要为热带植物，包括各种草和重要的农作物如玉米、甘蔗、小米和高粱。

碳泄漏

参见*泄漏*。

碳税

见*排放税*。

集水区

吸纳和排除雨水的区域。

经证明的减排(CER)单位

通过*清洁发展机制*项目减少（用*全球增温潜势值*计算）或隔离的相当于1吨（公吨）的*二氧化碳当量*排放。另见*排放量减少单位*。

氯氟碳化物(CFCs)

1987年*《蒙特利尔议定书》*涉及的*温室气体*，用于电冰箱、空调、包装、绝缘、溶剂或喷雾推进剂。由于在低层大气中没有被破坏，CFCs漂入高层大气层并在适当的条件下分解臭氧。这些气体正在被*《京都议定书》*所涉及的包括*氢氯氟碳化物*和*氢氟碳化物*在内的温室气体所取代。

霍乱

一种肠道传染病，可以引起腹泻、腹痛痉挛、脱水瘫软等症状。

清洁发展机制(CDM)

*《京都议定书》*第12条作了定义，清洁发展机制欲达到两个目标：（1）协助未列入*附件一*的缔约方实现可持续发展并为实现《公约》的最终目标作出贡献；（2）协助附件一所列缔约方实现其量化的限制和减少排放的承诺。由非附件一国家承担的、旨在限制或减少*温室气体排放量*的清洁发展项目带来的*被认可的排放减少单位*，一旦得到*缔约方大会*或*缔约方会议*指定的经营实体的证明，就可以作为*附件B* 缔约方投资者（政府或工业组织）的减排量。经证明的项目活动产生的盈利的一部分，既可用来抵补行政管理费用，也可以帮助那些极易受气候变化影响的发展中国家缔约方保证用于适应气候变化的花费。

气候

狭义地讲，气候常常被定义为“平均的天气状况”，或者更精确地表述为，以均值和变率等术语对变量在一段时期里的状态的统计描述。这里，一段时期可以是几个月到几千年甚至数百万年。通常采用的是世界气象组织（WMO）定义的30年。这些变量一般指地表变量，如温度、降水和风。广义地讲，气候就是*气候系统*的状态，包括统计上的描述。

气候变化

气候变化是指*气候*平均状态统计学意义上的巨大改变或者持续较长一段时间的（典型的为10 年或更长）气候变动。气候变化的原因可能是自然的内部进程，或是*外部强迫*，或者对大气组成和土地利用的持续性人为改变。*《联合国气候变化框架公约》*（UNFCCC）第1款将“气候变化”定义为“经过相当一段时间的观察，在自然气候变化之外由人类活动直接或间接地改变全球大气组成所导致的气候改变。”UNFCCC因此将因人类活动而改变大气组成的“气候变化”与归因于自然原因的“气候变率”区分开来。另见“*气候变率*”。

气候反馈

气候系统 中各种物理过程间的一种相互作用机制。当一种初始物理过程触发了另一种过程中的变化，而这种变化反过来又对初始过程产生影响，这样的相互作用被称为气候反馈。正反馈增强最初的物理过程，负反馈则使之减弱。

气候模式（体系）

气候系统 的数值表述是建立在气候系统各部分的物理、化学和生物学性质及其相互作用和*反馈*过程的基础上，以解释已知特征的全部或部分。气候系统

可以用不同复杂程度的模式来描述。例如，通过一个分量或者分量组合就可以对模式进行识别，模式的区别可以表现在空间分布的数量；或其所代表的物理、化学或者生物过程的进展程度；或者经验*参数*的应用水平。耦合的大气/海洋/海冰一般*环流模式*（AOGCMs）则给出了气候系统的一个综合表述，并存在向化学和生物应用的复杂模式演变的趋势。气候模式不仅是一种学习和模拟气候的研究手段，而且还被用于实际操作，包括月、季节、年际的*气候预测*。

气候预测

气候预测或气候预报是对未来（如季节、年际或*长时间尺度*）气候的实际演变过程进行最接近的描述或估测的一种手段。另见*气候预计*和*气候（变化）情景*。

气候预计

对气候系统响应*温室气体*和*气溶胶*的*排放*或浓度构想、以及*辐射强度*情景等的预计，往往是基于气候模式的模拟。气候预计与*气候预测*不同，气候预计主要根据一些设想和关注的问题，例如未来可能的、或不可能实现的社会经济和技术发展状况，应用排放/浓度/辐射强迫情景对气候进行的预计，具有很大的*不确定性*。

气候情景

在气候逻辑关系内在一致性的基础上，对未来*气候*的一种近乎合理的、通常简化的表述。这种未来的气候被直接用于研究人*为气候变化*的潜在结果，经常作为输入因子应用于影响模型。*气候预计*经常作为原始数据应用于气候情景的构建，但气候情景通常还需要其他的信息如观测到的当前的气候。一个“气候变化情景”表述的是气候情景和当前气候之间的差异。

气候敏感性

在IPCC报告中，“平衡气候敏感性”是指全球平均表面温度在大气中（当量） CO_2 加倍后的平衡变化。更一般地讲，平衡气候敏感性是指当*辐射强迫*($℃/Wm^{-2}$)发生一个单位的变化时表面气温的平衡变化。实际工作中，对平衡气候敏感性的评估需要耦合*环流模式*的长期模拟。“有效气候敏感性”是围绕该要求的一个相关度量。它根据模式输出来评估不断演变的非平衡性条件。它是衡量特定时间反馈力度的方法， 并可能会随强迫的历史和气候状况而变化。见*气候模型*。

气候系统

由五个主要组分构成的高度复杂的系统，包括有大*气圈*、*水圈*、*冰雪圈*、陆面、*生物圈*，以及它们之间的相互作用。气候系统的演变进程受到自身动力学规律的影响，也由于外部驱动如火山喷发、太阳变化，以及由人类引起的诸如大气组成的改变以及*土地利用*的驱动等。

气候变异

气候变异是指气候的平均态和其他统计量（如标准偏差、极值的出现频次等）的变化，这种变异在*时间和空间*的尺度都要超过单独的天气事件的变化。气候变异可能是由于*气候系统*内部的自然过程（内部变异）造成，也可能是因为自然的或人*为的外部强迫*（外部变化）。另见*气候变化*。

与二氧化碳量相当的

见*二氧化碳当量*。

CO_2施肥

参见*二氧化碳(CO_2)施肥*。

共生效益

由于各种原因同时执行政策的效益，包括*减缓气候变化*。它表明大多数为*减排温室气体*而制定的政策也都有其他同等重要的理由（例如，与发展、可持续性和公平相关的目标）。共同影响一词用法更广泛，既表示正面收益也表示负面收益。另见*辅助收益*。

热电联产

把发电产生的废热如气轮机产生的废气用于工业目的或区域供热。

遵约

参见*执行*。

缔约方大会(COP)

《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的最高机构，由批准或同意UNFCCC的国家组成。第一次缔约方会议（COP-1）于1995年在柏林召开，接着1996年在日内瓦召开COP-2，1997年在京都召开COP-3，1998年在布宜诺斯艾利斯召开COP-4，1999年在波恩召开COP-5，2000年在海牙召开COP-6的第一部分，2001年在波恩召开COP-6的第二部分会议。COP-7计划于2001年11月在马拉喀什召开。另见*缔约方会议（MOP）*。

冷却度日

一日温度高于18 ℃的部分（如：某一日平均温度为20℃，就记为2冷却度日）。另见*加热度日*。

应对范围

系统能够承受且对自身不产生显著影响的气候*刺激*的范围。

珊瑚礁白化

由于失去共生的海藻而造成的珊瑚礁颜色变白。白化是珊瑚礁对海水在温度、含盐量以及混浊度方面的突然变化产生的生理反应。

成本有效性

指为了实现给定目标，一种技术或措施所提供的商品或服务成本，是否等于或小于现有的、或成本最低替代品的判断标准。

冰雪圈

*气候系统*的组成部分，由所有的雪、冰以及陆地和海洋表面上面和下面的*永久冻结带*组成。另见*冰川*和*大冰原*。

深水形成

发生在海水冻结形成海冰时。局部的盐释放及随后发生的水密度增加而导致含盐量高的冷水汇结于海洋底部。

毁林

指森林转化为非森林。关于*森林*一词的讨论及与之有关的术语如*造林*、*再造林*和*毁林*，请参见《IPCC土地利用、土地利用变化与林业特别报告》(IPCC, 2000b)。

需求侧管理

专门为影响消费者对商品和/ 或服务的需求目的而设计的政策和计划。例如，在能源部门，就是指为减少消费者对电和其他能源需求而设计的政策和计划。它可帮助减少*温室气体排放*。

登哥热

由蚊子传染的病毒性疾病，因表现为以严重的关节和后背疼痛为特征的发烧而常被称为热病。并发感染这种病毒可能导致登哥出血热(DHF)以及登哥休克综合症(DSS)，这将是致命的。

保证金返还制度

将一种商品的保证金或费（税）与返还或折扣（*补助金*）合并起来*实施*某项特别行动。另见*排放税*。

沙漠

年降水少于100mm的*生态系统*。

荒漠化

在干旱、半干旱及半湿润偏旱区因气候变化和人类活动等多种因素导致的土地退化。联合国防治荒漠化会议进一步将土地退化定义为干旱、半干旱、半湿润偏干地区以及雨养作物、灌溉作物、或牧场、草地、森林以及林地等复合体在生物生产力或经济生产力方面的降低，生产力降低的原因来自于人类活动和居住模式等方面的*土地利用*或这些过程的单个或多个因素，如：(1) 风蚀和／或水蚀造成的土壤*侵蚀*；(2) 土壤在物理、化学、生物学或经济特性等方面的恶化；(3) 天然植被的长期损失。

探测和归因

*气候*在所有*时间尺度*上不断变化。*气候变化*的探测就是在某种统计意义的定义下揭示气候发生变化的过程，而不提供对这种变化的原因解释。气候变化归因则是对已探测到的气候变化找到最可能导致该变化的原因的过程，它应有某种定义水平的可信度。

干扰状况

干扰的频度、强度和类型，如火灾、昆虫或害虫的爆发、水灾和*干旱*。

昼夜温差范围

一天内最高气温和最低气温的差值。

双重红利

利用*碳税*或拍卖（交易）碳排放许可等增加收益等手段，它能(1)限制或减少*温室气体排放*，并（2）通过循环收益减少其他扭曲性税种，至少部分弥补气候政策引起的福利损失。在一个存在被动失业的社会，采取的*气候变化*政策可能对就业有所影响（正面的或负面的“三重红利”）。只要实行*收益的循环利用*，也就是大大减少扭曲性税种的税率，将产生微弱双重红利。当收益循环超过总体最初成本，届时减税的净成本为负数，将产生强有力的双重红利。

干旱

当降水显著低于正常记录水平时出现的一种现象，造成严重的水文学不平衡，对土地资源生产系统产生负面影响。

经济潜力

经济潜力是指可以通过创建市场、减少市场失败、或增加财政和技术转让来*成本有效性*地减少*温室气体排放*和提高*能源效率*的技术潜力。获得经济潜力需要额外的政策和措施来扫清*市场障碍*。另见*市场潜力*、*社会经济潜力*和*技术潜力*。

经济转型（EITs）

指国内经济处于由计划经济体制向市场经济转变过程中的国家。

生态系统

由多种相互作用的有生命的生物体及其物理环境组成的系统。能够被称为生态系统的边界有些随意性，取决于研究的兴趣或着重点。因此，生态系统的范围可以从非常小的*空间尺度*直到整个地球不等。

生态系统功能

对个人或社会有*价值*的生态过程或功能。

厄尔尼诺南方涛动(ENSO)

厄尔尼诺最初的意义是指一股周期性地沿厄瓜多尔和秘鲁海岸流动的暖水流，它对当地的渔业有极大的破坏。这种海洋事件与热带印度洋和太平洋上表面气压型和环流的振荡（被称为南方涛动）有密切关系。这一海气耦合现象被统称为厄尔尼诺南方涛动，或是ENSO。在厄尔尼诺事件发生期间，盛行的信风减弱，赤道逆流增强，导致印度尼西亚地区表面的暖水向东流，覆盖在秘鲁的冷水之上。这一事件对赤道太平洋上的风场、海平面温度和降水模式有巨大影响，并且通过太平洋对世界上其他许多地区产生气候影响。与厄尔尼诺相反的事件叫*拉尼娜*。

排放

在*气候变化*中，排放指的是在特定区域和时间段内，*温室气体和/或其前体物和气溶胶*向大气中的释放。

排放许可

排放许可是政府部门（政府间机构、中央或地方政府部门）对特定区域的（国家、次国家的）或行业的(个体公司) 单位分配的排放许可额，为一种不可转让或可交易的权利。

排放配额

在最大总排放和强制资源分配的框架下总许可*排放*量中分配给一个国家或一组国家的比例或份额。

排放量减少单位（ERU）

相当于利用全球增温潜势计算出的因联合履行（在*《京都议定书》*第六条有定义）项目而减少或固积的1吨（公吨）二氧*化碳排放*。另见*经证明的排放量减少和排放贸易*。

排放税

由政府对于应*税源*每单位二氧*化碳当量*排放征收的税目。由于所有化石燃料中的碳最终都会以二氧化碳的形式排放，对化石燃料中的碳征税，即碳税，就相当于对化石燃料燃烧引起的排放征排放税。*能源税*，即对燃料中的能量征税，将减少对能源的需求，进而减少使用化石燃料产生的二氧化碳排放。生态税的目的是影响人类行为（尤其是经济行为），走向良好的生态之路。国际排放税/碳税/能源税是由某国际机构对参与国际事务的国家的特殊源进行征税。税收收入由参与国或国际机构分配或用作特殊用途。

排放贸易

用市场方法达到环境目的，即允许那些减少*温室气体排放*低于规定限度的国家，在国内或国外使用或交易剩余部分弥补其他源的排放。一般来说，交易可在公司内部、国内和国际间进行。《IPCC第二次评估报告》同意对国内贸易体系使用“许可”，对国际贸易体系用“配额”的说法。*《京都议定书》*第17条提及的排放贸易，是在根据议定书附件B所列减少和限制排放承诺计算出分配数量的基础上的可交易配额体系。另见*经证明的排放量减少和清洁发展机制*。

排放情景

对潜在的辐射活跃*排放物(如温室气体，气溶胶)* 的未来发展的一种可能的表述。它是基于一致的、内部协调的、关于驱动力（如人口统计、社会经济发展、技术变化）及其主要相关关系的假设而提出的。从排放情景中引申出的浓度情景被用做气候模式的输入值来计算*气候预计结果*。IPCC于1992年在第二次评价报告(1996)中提出了一系列排放情景，并以此作为气候预计的基础。这些排放情景，即所说的

IS92 情景。《IPCC排放情景特别报告》akicenovic et al., 2000)公布了新的排放情景--*SRES*情景。关于这些情景的一些术语，见*SRES情景*。

地方性的

仅限于某地区或区域所特有的。关于人类健康，地方性可能指一直都流行于某些人口或地理区域的一种疾病或致病体。

能量平衡

*气候系统*能量收支的全球长期平均应该是平衡的。因为驱动气候系统的所有能量均来自于太阳，能量平衡意味着进入的全球太阳辐射总量必须等于被反射的*太阳辐射*与气候系统射出的*红外辐射*之和。全球辐射平衡的扰动被称为*辐射强迫*，它是由自然或人为因素引起的。

能源转化

参见*能源转换*。

能源效率

某系统能源转换过程中的能源产出与其投入的比例。

能源强度

能源强度是能源消费与经济或物理产出的比率。在国家水平，能源强度是国内*主要能源*的消费总量或*终端能源*消费与*国内生产总值*或物理产出的比率。

能源服务

将有用能源用于消费者期望的方面，如交通、供暖或供电。

能源税

参见*排放税*。

能源转换

从一种能源形式，如*化石燃料*所具有的能量，变为另一种能量，如电能。

环境无害技术(EST s)

这种技术能保护环境、更少污染、以更可持续的方式利用所有资源、回收更多的本身废弃物和产品，且与它们拟替代的技术相比，能以更为人们所接受的方式处理剩余废气物，这些技术能适应本国确立的社会经济、文化和环境方面的优先。本报告中的EST是指减排和适应技术、硬技术和软技术。

流行性的

在人数上明显超出预期的突然发生，特别用于描述*传染病*，但也用于任何疾病、伤害或与其他健康有关的事件的突然发生。

平衡和瞬变气候实验

“平衡气候实验”是指对于一种*辐射强迫*的改变，允许*气候模式*完全调整到与之平衡的状态的实验。这种实验提供了有关模式初态和终态的差异的信息，但没有给出模式响应随时间的变化。如果强迫是按照预先给出的*排放情景*逐渐演变的，就可以分析气候模式响应随时间的变化。这样的实验被称之为“瞬变气候实验”。另见*气候预计*。

CO_2（二氧化碳）当量

对于给定的二氧化碳和其他温室气体的混合气体，相当于多少能够引起同样的*辐射强迫的二氧化碳*的浓度。

侵蚀

土壤或岩石因风化、质量损耗，以及河流、*冰川*、波浪、风力和地下水的作用而进行的搬运过程。

海平面升降变化

由于世界海洋体积的变更而导致的全球平均海平面变化，这可以因水的密度的改变或水体总量的变化而产生。在讨论地质时间尺度的变化时，该术语有时也包括因海盆形状的变动而引起的全球平均海平面变化。

富营养化

水体(常为浅水) 中的可溶解性养分变得(自然的或污染而造成)丰富并造成溶解氧季节性缺乏的过程。

蒸发

液体变为气体的过程。

蒸发蒸腾作用

地球表面*蒸发过程*和植被的*蒸腾作用*的联合作用。

外来种

参见*引进种*。

暴露

系统暴露于显著的气候变异下的特征及程度。

外部性

参见*外部成本*。

外部成本

用于定义为任何活动主体未全面考虑自己的行为对他人的影响的人类活动所引起的成本。同样，外部收益是指这种影响是正面的，且在活动中不对活动主体负责。一座发电厂的特殊污染*排放*影响着人类健康，但在个人决策时经常不予考虑或没有给予足够重视，这样的影响是不会有市场的。这种现象被称为“外部性”， 由它所引起的成本被称为外部成本。

强迫

见*气候系统*。

灭绝

一种物种的整个完全消失。

毁灭

一种物种从其范围的一部分内消失；区域灭绝。

极端天气事件

极端天气事件是指在特定地区发生在其统计分布之外的罕见事件。“罕见”的定义是不固定的，但一般来讲，极端天气事件通常要等于或少于1 0 % 或90%的出现概率 。按照定义，对于不同地区，极端天气的特征也是不同的。极端气候事件是某一特定时期内许多天气事件的平均，而平均本身是极端的（如某一个季节的降水）。

反馈

参见*气候反馈*。

纤维

木材、燃木(木本或非木本)。

终端能源

可供消费者转化成有用能源（如墙壁插座中的电能）的能源。

灵活机制

参见*京都机制*。

通量调整

为避免海气耦合模式产生漂移到非真实气候态的问题，可以对海气热量和水汽通量（有时包括风对洋面产生的表面应力）在未被叠加进模式之前用调节项来进行的调整。由于这些调整是预先计算且独立于海气耦合模式的积分，因此与积分过程中发展的异常无关。

粮食危机

指缺乏足够数量的、安全和营养的食物来维持正常生长、发育和积极而健康生活的一种状况。可以因无粮源、购买力不足、分配不合理或在家庭中不正当使用粮食而造成。粮食不安全可能是长期的、季节性的或短暂的。

森林

以树林为主的植被类型。世界上目前存在着对*森林*一词的多种定义，它们也反映了生物地理条件、社会结构和经济的差异。与森林有关的讨论及相关条目如*造林*、*再造林和毁林*等参见《IPCC土地利用、土地利用变化和林业特别报告》（IPCC, 2000b）。

化石CO_2（二氧化碳）排放

因碳沉积化石燃料（如石油、天然气和媒）的燃烧而产生的*二氧化碳排放*。

化石燃料

由碳化石沉积形成的碳基燃料，包括煤、石油和天然气。

淡水透镜

在海岛下部的一个透镜式的淡水水体。它位于咸水之下。

燃料转换

指将煤等低碳燃料转换成天然气以减少*二氧化碳排放*的政策。

全成本定价

对商品的定价，如电，它包括最终用户所要面对的

最后价格，这不仅包括私人买入成本，还包括他们生产和使用的外部成本。

气候变化框架公约

参见*联合国气候变化框架公约*。

总环流

在旋转地球上，因热力差异引起的大气和海洋的大尺度运动，其作用在于通过热量和动量的输送恢复系统的*能量平衡*。

总环流模式(GCM)

参见*气候模式*。

地球工程

努力通过直接管理地球的能量平衡来稳定气候体系，因此克服*温室效应*的加剧。

冰川

陆地上巨大的冰体，可以沿山坡向下流动（因内部形变和底部滑动），同时被周围的地形(如山谷和四周的山峰) 所限制；岩床地形是冰川运动和表面倾斜的主要影响因素。冰川因其上部较高处降雪的积累而维持，同时因其下部融化或流进海洋而达到平衡。

全球表面温度

全球表面温度是指对以下两种气温进行面积加权后的全球平均温度：（1）海洋表面温度（也即海洋表层几米内的次表层容积温度）和（2）陆地表面 1.5 米处的表面气温。

全球增温潜势(GWP)

描述充分混合的*温室气体*的辐射特性的指数，它反映了不同时间这些气体在大气中的混合效应以及它们吸收向外发散的*红外辐射*的效力。该指数相当于与*二氧化碳*相关的在现今大气中给定单位温室气体量在完整时间内的升温效果。

温室效应

*温室气体*有效地吸收地球表面、大气本身相同气体和云所发射出的*红外辐射*。大气辐射向所有方向发射，包括向下方的地球表面的放射。温室气体则将热量捕获于地面- - 对流层系统之内。这被称为“自然温室效应”。大气辐射与其气体排放的温度水平强烈耦合。在*对流层*中，温度一般随高度的增加而降低。从某一高度射向空间的红外辐射一般产生于平均温度在-19℃的高度，并通过*太阳辐射*的收入来平衡，从而使地球表面的温度能保持在平均14℃。温室气体浓度的增加导致大气对红外辐射不透明性能力的增强，从而引起由温度较低、高度较高处向空间发射有效辐射。这就造成了一种*辐射强迫*，这种不平衡只能通过地面- - 对流层系统温度的升高来补偿。这就是“增强的温室效应”。

温室气体

温室气体是指大气中由自然或人为产生的能够吸收和释放地球表面、大气和云所射出的*红外辐射*谱段特定波长辐射的气体成分。该特性导致温室效应。水汽（H_2O）、*二氧化碳*（CO_2）、*氧化亚氮*（N_2O）、*甲烷*（CH_4）*和臭氧*（O_3）是地球大气中主要的温室气体。此外，大气中还有许多完全由人为因素产生的温室气体，如《蒙特利尔协议》所涉及的卤烃和其他含氯和含溴物。除CO_2、N_2O和CH_4外，*《京都议定书》将六氟化硫*（SF_6）、*氢氟碳化物*（*HFCs*）*和全氟化碳*（*PFCs*）定为温室气体。

交叉拱

低而狭窄的、常常是大致垂直于海岸线而延伸的堤岸，设计用于保护海滨免受洋流、潮汐或波浪的*侵蚀*，或圈集海沙来建造或形成海滩。

国内生产总值(GDP)

以买方价格计算的一个国家或地区在给定时间段内，通常为一年，其全部居民或非居民生产者总的*增加值*的累计，加上全部税收，减去不包括在产品价值内的补贴。计算时不扣除建筑业资产贬值和自然*资源*的损耗和恶化。GDP 常用于衡量福利水平但不完整。

一次生产总量(GPP)

通过*光合作用*固定在大气中的碳总量。

地下水补给

外部水进入*蓄水层*中饱和区的过程，既可直接进入也可间接进入而形成。

栖息地

适于一种生物或物种居住的特定环境或地方；总环境中局部更适宜某一生物或物种生存的部分。

卤烃

碳与氯、溴或氟的化合物。此类化合物是大气中强有力的*温室气体*。含氯和溴的卤烃也参与损耗*臭氧层*。

协调一致的排放税/ 碳税/ 能源税

使参与国对同样的源征收同等税率的税。各国可保留所征税款。税负一致不必要求各国以同样税率征税，但国与国间税率不同将*不符合成本有效性原则*。另见*排放税*。

热岛

城市内因类似沥青等物质吸收太阳能而使温度高于周围区域的地区。

加热度日

一日温度低于18 ℃的部分（如：某一日平均温度为16℃，就记为2加热度日）。另见*冷却度日*。

套头平衡

在气候变化减缓方面，套头平衡是指对过快行动和过慢行动带来的风险采取的平衡，套头平衡取决于社会对风险的态度。

异养呼吸

除植物以外的有机物质将有机成份转化成CO_2。

人类聚集地

由人类占据的地方或地区。

人为系统

指人为组织起主要作用的系统。经常，但并不总是为“社会”或“社会系统”等术语的同义词(如农业系统、政治系统、技术系统、生态系统等)。

氢氟碳化物(HFCs)

《*京都议定书*》控制的六种温室气体之一。商业上生产该物质用作*氯氟碳化物*的替代品。 HFCs 主要用于电冰箱和半导体生产。它们的*全球增温潜势范围*是1300-11700。

水圈

*气候系统*的组成部分，由海洋、河流、湖泊、地下水等表面流体和地下水组成。

冰帽

圆形的、覆盖于高地的、范围比*大冰原*小得多的冰结合体。

大冰原

陆地上大块的冰体，它具有相当的深度足以覆盖其下大部分的岩床地形，以至于其形状主要由它的内部动力学决定（由于内部形变引起的冰体的流动及其底部的滑动）。冰原从位于小的平均表面斜坡的、具有较高位置的中心高原向外流动。边缘为陡坡，冰通过快速流动的冰流或冰川出口而塌陷，在一些情况下成为冰架飘浮于海洋中。世界上现今只有两个大的大冰原- - 格陵兰岛和南极，南极大冰原被横贯南极山脉分为东部和西部两部分；在冰河期，还有其他大冰原。

冰架

附着于海岸的、有相当厚度的、飘浮着的*大冰原*（经常为具有相当大的水平范围或略为起伏不平的表面）；多为大冰原的向海侧。

(气候)影响评估

确认和评估*气候变化*对自然和人*为系统*的有害和有益结果的措施。

(气候)影响

*气候变化*对自然和人*为系统*造成的结果。与*适应性*结合起来考虑，可以区分潜在的影响和残余的影响。

- 潜在影响：不考虑适应性，某一预计的*气候变化*所产生的全部影响。
- 残余影响：采取了适应性措施后，气候变化仍将产生的影响。

另见*累积影响*、*市场影响和非市场影响*。

执行

执行是指政府为将国际准则反映到国家法律和政策中而采取的行动（法令或法规、司法裁决、 或其他行动）。它包括行政公共政策下达以后所引发的事件和活动，例如为执行命令而付出的努力和对大众的深刻影响。将对国际承诺的法律执行（以国家法律的形式）和有效的执行（导致目标群体的行为发生变化的措施）区分开来是非常重要的。遵约是指一个国家是否遵守协议的条款以及遵守的程度。它不仅关注执行措施是否有效，而且关注是否遵守执行行动。遵约可以衡量协议的目标团体遵守执行措施和义务的程度，不论是地方政府机构、企业、机关团体还是个人 。

执行成本

*执行减排*方案中涉及的成本。这些成本与必要的组织机构变化、信息需求、市场大小、获取和学习*技术*的*机会*以及必要的激励措施（补助、补贴和税收）有关。

本土人

本土人是指祖居在一个地方或国家的人，当具有另外文化或宗教背景的人们通过武力征服、殖民或其他方法来到这个地方并统治他们，这些人至今仍以与其自己的社会、经济、文化习俗和传统相一致的方式生活着，而不是以该国家目前已形成的那种生活方式生活（也参照“本地人”、“土著人”或“部落”人）。

间接气溶胶效应

*气溶胶*可以通过作为凝结核，或者改变云的生命期和光学性质，对*气候系统*产生间接的*辐射强迫*作用。可分为两种不同的间接效应：

- 第一间接效应：因人*为的*气溶胶增加而引起的辐射强迫作用。它造成固体液态水含量中，颗粒浓度的增加和尺度的减小，从而导致云*反照率*的增加。该效应也被称为“Twomey效应”。有时人们也将它称为云的反照率效应。但这是一种明显的误解，因为第二间接效应也会改变云的反照率。
- 第二间接效应：人为的气溶胶增加而引起得辐射强迫作用。它造成颗粒的尺度减小，降低了降水率，从而调整了液态水含量、云的厚度和云的生命期。该效应也被称为“云的生命期效应”或“Albrecht效应”。

工业革命

一个工业快速增长的时期，对社会和经济产生了深远的影响。它开始于十八世纪后半叶的英格兰，随后蔓延到欧洲和包括美国在内的其他国家。蒸汽机车的发明推进了这个增长。工业革命标志着大量增加使用*化石燃料*和排放二氧化碳的开始。在本报告中，术语“工业之前”和“工业”分别指1750年之前和1750年之后，尽管这样区分有些武断。

惯性

气候、生物或人*为系统*在响应改变变化速度的各种因素当中的迟滞、缓慢或抵制，包括当导致该变化的原因已消除时系统中的变化仍然继续。

传染性疾病

任何能从一个人传给另一个人的疾病。这些病可通过身体直接接触、共同触及已沾染上传染性生物的物体而发生，或通过病媒、咳嗽或呼出到空气中的已被感染了的微滴进行传播而发病。

红外辐射

由地球表面、大气和云发射出的辐射。它也被称为地面辐射或长波辐射。红外辐射有一个独特的波长（“光谱”）范围，它比可见光谱段的红色的波长还要长。由于太阳和地气系统的温度差异，红外辐射与太阳辐射或短波辐射明显不同。

基础设施

组织、城市和国家的发展、运转和扩大所必须的基础设备、设施、生产性的企业、装备和服务设施。例如：公路、学校、电力、天然气和水设施、交通、通讯和所有法定系统，所有这些都被视为基础设施。

综合评估

一种分析方法，它把来自自然的、生物学的、经济的和社会科学的结果和模型以及这些组成之间的交互作用结合起来，在一个较为协调的构架下评价环境改变的状态和结果，以及环境变化的政策响应措施。

交叉效应

*气候变化*政策措施与既有国内税收制度相互作用的结果，既包括增加成本的税收作用，　也包括减少成本、循环收益的效应。前者反映了*温室气体*政策通过对实际工资和实际资本收益的影响，而对劳动力和资本市场产生影响。通过限制温室气体*排放*、许可证制度、法规或*碳税*会增加生产成本，提高产品价格，这样就减少了劳动力和资本的实际收益。对那些增加政府收益的政策---碳税或许可证拍卖---可以通过收益的再分配来减免某些扭曲的税种。另见*双重红利*。

内部变率

参见*气候变率*。

国际排放/碳/能源税

参见*排放税*。

国际能源机构(IEA)

创建于1974年，总部位于巴黎的能源论坛。它与经济合作和发展组织紧密合作，使其成员国采取联合行动应对石油供应危机，共享能源信息，相互协调能源政策，进行合理的能源项目合作。

国际产品和／或技术标准

参见*标准*。

引入物种

一种物种由于人类无意中扩散，存在于历史上生存的自然分布范围之外（另请参见*“外来种”或“外国种”*）。

入侵物种

指侵入*自然栖息地*的*被引入物种*。

均衡的陆地移动

地壳均衡指*岩石圈*及其上的覆被对表面负荷变化的响应状态。当岩石圈的负荷因陆地上冰的质量、海洋的质量、沉降、侵蚀或造山运动发生变化而改变，就产生垂直均衡的调整，结果达成新的负荷平衡。

联合履行(JI)

由*《京都议定书》*第6条规定的市场执行机制，允许*附件*一国家或这些国家的企业联合执行限制或减少*排放*、或增加*碳汇*的项目，共享*排放量减少单位*。在*《联合国气候变化框架公约》*第 4.2(a) 条中也对JI活动有所规定。另见*共同执行活动和京都机制*。

现有技术措施

指已经用于生产实践的技术或处于论证阶段的技术。它不包括那些依然需要技术突破的新技术。

京都机制

基于市场原理的经济机制，*《京都议定书》*的缔约方可以在减少因温室气体减排而带来的潜在经济影响的努力中利用该机制。它们包括*联合履行*(　第6条)、*清洁发展机制*(第12条)和*排放贸易*(第17条)。

京都议定书

《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）的《京都议定书》于1997年在日本京都召开的UNFCCC缔约方大会第三次会议上达成。它包含了除UNFCCC之外法律上所需承担的义务。议定书附件B　中包括的各国（多数国家属于经济合作和发展组织及*经济转轨*国家）同意减少人为温室气体（*二氧化碳*、*甲烷*、*氧化亚碳*、*氢氟碳化物*、*全氟化碳和六氟化硫*）的排放量，在2008至2012年的承诺期内排放量至少比1990年水平低5%。《京都议定书》仍未生效（至2001年9月）。

拉尼娜

参见*厄尔尼诺南方涛动*。

土地利用

在特定土地覆盖类型上的所有安排、活动及采取措施（一整套人类行为）。是出于社会和经济目的所进行的土地管理（如放牧、木材开采和保护）。

土地利用变化

人们对土地利用和管理的改变，可以导致土地覆被的变化。土地覆被和土地利用变化会对*反照率*、*蒸发*、*温室气体的源和汇*及气候系统的其他性质产生影响，并从而影响局地或*全球气候*。另见《IPCC土地利用、土地利用变化和林业特别报告》（IPCC，2000b)。

山体滑坡

大量的物质受重力作用滑向山下，当物料饱和时常受水的推助；大量的土壤、岩石或碎块沿斜坡向下快速移动。

泄漏

附件B　国家的部分*排放*减少量可能被不受约束国家的高于其*基准线*的排放所抵消。这种情况可能通过以下方式发生：(1)不受约束地区的高能耗工业的重新配置；　(2)油气需求的低迷可能造成其价格的降低，从而造成这些地区的矿物燃料消费上升；及(3)良好的商贸环境带来的收入上升(同时造成能源需求上升)。泄漏还指在某块土地上进行的无意识的*固碳*活动（例如植树造林）直接或间接地引发了某种活动，该活动可以部分或全部抵消最初行动的碳效应。

生命期

用于表示影响示踪气体进程的多种*时间尺度*。通常情况下，生命期是指原子或分子在特定的*库*如大气或海洋中的平均滞留时间。可分为以下几种生命期：

- “周转时间（T）”或“大气生命期”是库（如大气中的气体化合物）存量M　与从库中的总清除速度S的比：T=M/S。对于每一清除过程都可定义其单独的周转时间。对于土壤碳生物，就是平均滞留时间（MRT）。
- “调整时间”、“响应时间”或“波动时间”（T_a）：刻画进入贮藏库体的一个瞬间脉冲输入的特征衰减时间。调整时间一词也可以用于贮藏量随源强度的一步变化调整。半周期或衰减常数用于一阶指数衰减过程的定量描述。对有关*气候*变迁的不同定义，请参见*响应时间*。为简单起见，“生命期”有时也可用来替代“调整时间”。

在简单情形里，当化合物的全球去除量直接与总贮藏量成比例时，调整时间就等于生命期：$T=T_a$。以CFC-11为例，只要通过平流层的光化学过程就能够

将其从大气中去除。对于更复杂的情形，当含有多种贮藏量的去除，或是去除量不再与总贮藏量成比例时，等式$T=T_a$也就不再成立。二氧化碳就是一个极端的例子。由于在大气与海洋和陆地生物区之间的迅速交换，它的周转期只有4年。然而，二氧化碳的很大一部分在几年内又可以重新回到大气中。因此，大气中二氧*化碳*的调整时间实际上是用碳从海洋的表层进入更深层的比率来确定的。尽管可以近似给出大气中二氧化碳的调整时间为100年，实际的调整则是在初期较快，而后期较慢。对于*甲烷*（CH_4），它的调整时间与周转期也不同。因为它的去除主要通过与氢氧基OH的化学反应完成，而氢氧基OH的浓度则依赖于CH_4的浓度。因此，CH_4的去除量S与其总量M不成比例。

岩石圈

固体地球（大陆和海洋）的上层，包括全部地壳的岩石以及最上部的冷的、有弹性的地幔。火山活动尽管是岩石圈的一部分，但不被看作是*气候系统*的一部分，而看成是*外部强迫*因子。

跳跃

跳跃（或技术跳跃）是指发展中国家跨越工业化国家历史上经历的的几个技术发展阶段，通过在技术发展或能力建设方面投资，将目前已有的最先进技术应用到能源及其他经济部门。

科学认识水平

一种指数，在四个等级上（高、中、低和极低）描述了对辐射强迫介质影响气候变化的科学认识的程度。对于每种介质，该指数代表了关于其强迫估计的可信度的一种主观判断，包括评价强迫作用所必需的假设、所掌握的确定强迫的物理/ 化学机制的知识的程度以及定量评估中所包含的不确定性。

地方21世纪议程

《地方21世纪议程》是当地的环境与发展计划，是各地政府想通过咨询程序确定的随人口而发展的计划，特别关注妇女和青少年的参与问题。许多地方政府机关已通过咨询程序建立了21世纪议程，并使其与政策、计划、实施行为与趋于达到可持续发展目标相适应的手段。该术语来源于《21世纪议程》的第28章，这是参加《1992年里约热内卢联合国环境与发展大会》（也称地球峰会）的所有政府代表正式签署的文件。

禁闭技术和规范

从现有机构、服务、技术设施和已有资源中出现的具有市场优势的技术和规范，它们由于获得广泛使用或存在着相关的基础设施和社会文化模式而难以变动。

适应不当

不经心地增加了对气候*刺激因素*脆弱性的自然和人*为系统*的任何变化；不能成功地减轻*脆弱性*反而使脆弱性增加的*适应性*对策。

疟疾

*地方性*的或由原形体类原虫（原生动物）引起和疟蚊类蚊子传播的*流行性*寄生病，它导致高烧和全身功能紊乱，并每年约使200万人丧生。

边际成本定价

商品和服务的价格等于每多生产一个单位的商品或服务而带来的增量成本。

市场障碍

在*气候变化减缓*领域，市场障碍是指妨碍或阻止*成本有效*的能减缓二氧化碳排放的技术或实践扩散的条件。

市场激励机制

应用价格机制（例如税制和贸易许可）来减少*温室气体排放*的措施。

市场影响

与市场交易相联系的影响，直接影响到*国内生产总值*（GDP，一个国家的国内总收入），如农业货物的供应与价格变化。另见*非市场影响*。

市场渗透

某种商品或服务在特定时间在某个市场上的占有率。

市场潜力

假设没有新的*政策和措施*，在可预测的市场条件下可获得的*温室气体减排或能源效率*提高的经济潜力部分。另见*经济潜力*、*社会经济潜力和技术潜力*。

块状质量运移

适用于所有单元的受重力影响的陆地物质推进和控制性移动。

平均海平面(MSL)

平均海平面通常被定义为在某一时期，如1 个月或1年的平均*相对海平面高度*，这个时间应足够长，使得能求出诸如海浪等瞬变现象的平均值。另见*海平面升高*。

甲烷(CH_4)

一种属于*温室气体*的碳氢化合物，它通过垃圾填埋场的垃圾厌氧(没有氧) 分解、 动物消化、 动物排泄物的分解、天然气和石油的生产和销售、产煤、和化石燃料的不完全燃烧。*甲烷*是《*京都议定书*》规定的需要减排的6种*温室气体*之一。

甲烷回收

将*甲烷排放*捕获（如从煤田或废弃物填埋所），然后再作为燃料利用或用于某些其他经济目的（如再注入油井或气田）。

(京都议定书)缔约方会议(MOP)

《*联合国气候变化框架公约*》*的缔约方大会将充当*《*京都议定书*》的最高权力机构- - - - *缔约方会议*（*MOP*）。只有《京都议定书》的各缔约方可以参与讨论和作出决定。在该议定书生效之前，MOP不可以召开会议。

减排

减少*温室气体*的排放*源*或增加碳*汇*的人为活动。

减排能力

有效*减排*所需要的社会、政治和经济结构和条件。

混合层

通过与其上面的大气相互作用得以充分混合的海洋上层区域。

混合比

参见*摩尔比例*。

模式体系

参见*气候模式*。

摩尔比例

摩尔比例，或混合比，是一给定体积内某一要素的摩尔数与该体积内所有要素的摩尔数之比。常用以表述干空气。长寿命温室气体的典型值的量级为mmol/mol（ppm：每十万分之几），nmol/mol（ppb：每十亿分之几），fmol/mol（ppt：每万亿分之几）。摩尔比例不同于体积混合比, 它通常是以p p m v 等表示，并对非同一性的几种气体进行了修正。这种修正特别关系到许多温室气体的测量精度（Schwartz和Warneck, 1995）。

季风

常规大气环流的表征性风，具有季节性持久稳定的风向，随季节转换有明确的风向改变。

山区的

由位于树带界线之下相对较潮湿、冷凉的丘陵山地斜坡所形成的生物地理带，其特征是群落中大的常绿树种占优势。

蒙特利尔议定书

1987年在蒙特利尔达成的关于消耗臭氧层的物质的《蒙特利尔议定书》，以后又做了一系列的调整和修订（伦敦1990，哥本哈根1992，维也纳1995，蒙特利尔1997，北京1999）。该议定书控制破坏平流层臭氧的含氯和溴的化学物质的消费量和产量，如*氯氟碳化物*（CFCs）、甲基氯仿、四氯化碳及许多其他物质。

发病率

人群中疾病发生或其他健康状况失调出现的比率，并考虑进特定年龄段的发病率。健康结果包括慢性病的影响和流行范围、住院率、初期诊疗率、失去能力天数（即不能工作的天数）和流行征兆等。

死亡率

在特定时期内的人群中死亡发生的比率；死亡率的计算考虑特定年龄段人口死亡的比率以及由此获得的期望寿命估计和过早死亡的程度。

净生物群系生产量（NBP）

从区域内净获得或损失的碳量。NBP等于*净生态系统生产量*减去因搅动（如*森林火灾*或森林采收）而损失的碳量。

净二氧化碳排放

二氧化碳在特定时期和具体地区或区域的源和汇之间的差额。

净生态系统生产量（NEP）

一个景观单元的植物*生物*量或碳的增加量。NPP等于*总初级生产量*减去由*自养呼吸*损失的碳量。

氮施肥

通过氮化合物的增加促进植物的生长。在IPCC评估报告中，特指用人*为的氮源*（例如人造的肥料，以及*化石燃料*燃烧所释放的*氧化氮*）进行施肥。

氮氧化物（NO_x）

几种氮的氧化物中的任一种。

氧化亚氮(N_2O)

一种通过土壤耕作活动，尤其是商用和有机化肥的使用、化石燃料的燃烧、氮酸的生产和生物质燃烧而产生的强力气体。它是受《*京都议定书*》管制的*6种温室气体*之一。

非点源污染

污染来自不能确定为具体离散点的*源*，例如作物生产区、林木区、露天开采、垃圾处理和建筑物等。另见*点源污染*。

无悔机会

见*无悔政策*。

无悔选择

参见*无悔政策*。

无悔政策

无论是否有*气候变化*，都可以产生净社会效益的政策。*温室气体*减排的无悔机会指那些除了带来避免气候变化的效益外，还能使减少能源利用和减少当地/区域污染物排放的效益等于或大于它们的社会成本的选择。无悔潜力定义为*市场潜力与社会经济潜力*之差。

无悔潜力

参见*无悔政策*。

非附件B国家/缔约方

不包括在《*京都议定书*》附件B中的国家。另见*附件B国家*。

非附件一缔约方/国家

已批准或同意加入《*联合国气候变化框架公约*》但不包括在*气候公约*附件一中的国家。另见*附件一国家*。

非线性

一个过程中原因和结果之间没有简单的比例关系，就称其为非线性的。*气候系统*包含许多这样的非线性过程，使得系统的行为非常复杂。这种复杂性可以导致*剧烈的气候变化*。

非市场影响

影响*生态系统*或人类福利的*效应力*，但它不直接与市场交易相联系，例如增加过早死亡的风险。另见*市场影响*。

北大西洋涛动(NAO)

北大西洋涛动由靠近冰岛和靠近亚速尔群岛的相位变化相反的气压场组成。一般来说，冰岛低压与亚述尔高压之间的偏西气流为欧洲带去气旋以及与其相伴的锋面系统。但是，冰岛和亚述尔群岛之间的气压差异存在从日到年代际*时间尺度*的震动，有时气压差也会反过来。它在从北美中部到欧洲的北大西洋地区的冬季*气候变异*中起主导作用。

海洋传输带

围绕全球海洋进行水循环的理论路径，受风和*温盐环流*驱动。

机会

缩小任何技术或实践的市场潜力与其*经济潜力*、*社会经济潜力*或*技术潜力*之间的差距的情况或环境。

机会成本

由于选择了某种经济活动而放弃了另一种活动的成本。

最优政策

当边际减排成本在各个国家都相等，那么所实施的政策就认为是“最优”的，这样可以使*总成本*最小化。

有机气溶胶

以有机化合物为主的*气溶胶*颗粒，主要为C、H、O，以及少量的其他元素(Charlson和Heintzenberg，1995)。见*含碳气溶胶*。

臭氧(O_3)

三个原子的氧（O_3）,一种气态的大气成份。在*对流层*中，由自然的和人类活动（光化学“烟雾”）导致的光化学反应产生。在对流层中高浓度的臭氧对大范围的生命有机体有伤害作用；在对流层中扮演*温室气体*的角色。在平流层，由太阳的紫外辐射与氧分子（O_2）的相互作用产生。*平流层*内的臭氧对辐射平衡起决定性作用，其浓度在臭氧层达到最高。由于气候变化后化学反应可能提高，平流层臭氧的损耗导致*平面紫外辐射流*（UV-B）增加。另见*蒙特利尔议定书和臭氧层*。

臭氧洞

参见*臭氧层*。

臭氧层

*平流层*存在一个*臭氧*浓度最高的气层，称为臭氧层。臭氧层的范围大约从12公里延伸到40公里。臭氧浓度约在20到25公里处达到最大。臭氧层正在被人类*排放*的氯化物和溴化物损耗。每年，在南半球的春季，南极上空的臭氧层都发生非常强烈的损耗，它也是由人造的氯化物和溴化物与该地区特定的气象条件共同造成的。这一现象被称之为*臭氧洞*。

参数化

在*气候模式*中，该术语是指通过大尺度流与次网格过程的区域或时间平均效果之间的关系来对那些由于模式时空分辨率所限而不能准确显式求解的过程（次网格尺度过程）进行描述的技术。

帕累托准则/ 帕累托最优

个人的福利无法在不使其他任何人的福利受到损失的前提下得到改善的状态。

全氟化碳(PFCs)

*《京都议定书》*管制的6种*温室气体*之一。它是铝熔融和铀浓缩的副产品，同时它也在半导体生产中替代*氟氯碳化合物*。PFCs的*全球增暖潜势*为*二氧化碳*的6500-9200倍。

永久冻结带

地面发生永久冻结，任何地方的温度都保持低于0℃达数年之久。

不规则生命期

见*生命期*。

光合作用

植物从空气（或水中的重碳酸盐）中吸收二氧化碳（CO_2），制造碳水化合物，释放出氧气的过程。有几种光合作用的途径，分别对大气中CO_2浓度有不同的响应。另见*二氧化碳施肥*。

浮游植物

*浮游生物*的植物形式（如硅藻属）。浮游植物是海洋中的优势植物，是整个海洋食物网的依托。这些单细胞生物体是海洋中光合作用固碳的主体。另见*浮游动物*。

浮游生物

软弱地漂游着的水生生物体。另*浮游植物*和*浮游动物*。

点源污染

污染产生自明确的和离散的源，如管道、沟渠、遂道、井、容器，集中的动物饲养或移动的交通工具等。另见*非点源污染*。

政策和措施

在*《联合国气候变化框架公约》*中，*“政策”*指政府可以采取或命令的加速控制*温室气体排放*技术的应用和利用的行动，通常与本国的商业和工业相关联，也可以和其他国家相关联。“措施”是指执行这些政策的技术、工艺和实践，这些措施的实施可以减少预期的*温室气体排放*水平。例如碳税或*能源税*、标准化的轿车燃料效率*标准*等。“共同和协调一致的”或“调和的”的政策指缔约方联合采取的政策。

池

参见*库*。

后冰河时代回弹

随着大冰原的收缩和消失，如从上一个冰河期最高峰以来（21 ky BP），大陆和海底的垂直运动。回弹是一种*均衡的陆地运动*。

前体

大气中的化合物，它本身并不是*温室气体*或*气溶胶*，但它能通过参与调节温室气体或气溶胶的产生或毁灭的物理或化学过程，从而对温室气体或气溶

胶的浓度产生影响。

前工业

参见工业革命。

现值成本

将未来成本折现，某段时间内所有成本之和。

一次性能源

包含在自然资源（如煤、原油、阳光、铀）中的能源，这些能源未经过任何人为转化或改造。

私人成本

影响个人决策的各类成本，称为私人成本。另见*社会成本和总成本*。

轨迹

一套平缓变化的浓度组合，它展示了通向稳定的可能路径。“轨迹”一词通常用于区别称为“情景”的排放路径与此类路径区分开来。

预计（一般的）

预计是一种数量或一组数量潜在的未来演变，常用模型来帮助计算。预计与“预测”是有区别的，前者强调包括假设，例如对涉及到社会经济和技术的发展的假设，这些发展可能实现也可能不能实现，因此它具有实质上不确定性的倾向。另见*气候预计和气候预测*。

替代物

一个*气候*指标的替代物是指，利用物理学和生物学原理，对某一局地记录进行解释，用以表示过去与气候相关的各种变化。用这种方法得出的气候相关资料被当作替代资料。如树木年轮、珊瑚特性以及各种由冰芯得到的资料。

购买力评价(PPP)

按照货币购买能力来估算*国内生产总值*，而不是按照现金汇率。此类计算结果是基于国际比较规划的一系列外推或回归数据。PPP 有降低工业化国家人均国内生产总值，而提高发展中国家人均国内生产总值的倾向。 PPP 也是谁污染谁付费原则的缩略语。

辐射平衡

参见*能量平衡*。

辐射强迫

由于*气候系统*内部变化或如二氧化碳浓度或太阳辐射的变化等外部强迫引起的对流层顶垂直方向上的净辐射变化（用每平方米瓦表示：Wm^{-2}）。辐射强迫一般在*平流层*温度重新调整到辐射平衡之后计算，而期间对流层性质保持着它未受扰动之前的值。

辐射强迫情景

对*辐射强迫*未来发展的一种可能是合理的表述。这种辐射强迫与多种变化有关，如大气成分的变化、*土地利用*的变化、外部因子（如*太阳活动*）的变化。辐射强迫情景可以作为简化的气候模式的输入，用以对*气候预计*进行计算。

草原

未加改良的草地、灌木（丛）地、稀树大草原和苔原。

再生林

通过自然途径（就地播种或伐剩的幼树或通过风、鸟或动物）或人为途径（树苗移栽或直接播种）进行的树木更新。

剧烈的气候变化

*气候系统*的*非线性*可以导致剧烈的*气候变化*，有时被称之为突发事件或甚至意外事件。这些突发事件有些是可以想象到的，如*温盐*环流戏剧性的重组、冰川的迅速消失或*永久冻结带*的大量融化所导致的*碳循环*的快速变化。其他的则确实是不可预见的，如非线性系统强烈地、迅速地变化所造成的结果。

反弹效应

这种现象的发生是由于像机动车能效的改进而降低了每公里行驶成本等因素；它会带来负面影响而鼓励更多的旅行。

参考情景

参见*基准线*。

再造林

在以前曾是森林，但已转作它用的土地上重新造林。关于森林和有关的一些术语如*造林*、*再造林*和

*毁林*的讨论，见《IPCC土地利用、土地利用变化与林业特别报告》（IPCC，2000b）。

规章措施

由政府制定的管理产品性能或生产工艺特点的规则或程序。另见*标准*。

再保险

将部分主要保险风险转移到保险公司的次要层次（再保险商）；本质上为“为保险公司保险”。

相对海平面

由*检潮仪*测量的海平面，它与所处上方的陆地有关。另见*平均海平面*。

（相对）海平面长期变化

由海面升降的变化（如*热膨胀*导致的）或垂直陆地运动变化造成的相对海平面的长期变化。

可再生的

相对于地球自然循环而言，在短期内是可持续的能源资源，它包括各类无碳排放的技术，例如太阳能、水电和风能，也包括一些排碳技术，例如*生物质能*。

研究、开发与示范

关于新的生产工艺或产品的科学和/或技术的研究和发展，并进行分析和测量，以便向潜在的用户提供有关新产品和工艺在应用方面的信息；示范测试；和通过试验计划和商业化前的试用对这些工艺的应用进行可行性试验。

可采储量

指在当前的技术和价格水平下，已认定和测量到的在经济和技术上可恢复的资源量。另见*资源*。

库

除大气以外的气*候系统*的一个组成部分。库具有储存、积累或释放所关注的物质（如*碳，是温室气体或温室气体前体*）的能力。海洋、土壤和森林是碳库的一些例子。“池”是与其等价词（注，池的定义一般包括大气）。在特定时间里，库内所包含的某种物质的绝对数量称为储存。该术语也定义为人造或自然的储存水的地方，如湖、池塘或*蓄水土层*，可以从这些储存水的地方取水用于灌溉和水分供应。

或自然的储存水的地方，如湖、池塘或*蓄水土层*，可以从这些储存水的地方取水用于灌溉和水分供应。

弹性

系统可以承受且状态没有改变的一些变动。

资源量为基础

既包括*可采储量*也包括*资源*。

资源

指那些目前虽因地质年龄太短或经济性较差无法利用，但被认为在未来可预见技术和经济发展条件下具有开采潜力的资源量。

呼吸作用

生物体将营养物质转化为二氧*化碳*，释放能量并消耗氧气的过程。

响应时间

响应时间或调整时间是指在外部/内部过程或反馈造成的强迫后，气*候系统*或其分量在重新平衡到一个新的状态所需的时间。气候系统的不同分量的响应时间有非常大的差异。*对流层*的响应时间相对较短，从几天到几个星期，而平流层要达到平衡状态的典型*时间尺度*为几个月。海洋因其巨大的热容量，其响应时间要更长，典型的为十几年，但也可以达到上百年甚至千年。表面-对流层强烈耦合系统的响应时间与平流层相比会更慢，它主要决定于海洋。*生物圈*对某些变化（如干旱）的响应可以很快，但对于叠加的变化则响应很慢。有关影响示踪气体浓度的过程速度的响应时间的不同定义，请参见*生命期*。

收益循环

参见*交叉效应*。

径流

降水中没有被蒸发的部分。在一些国家，径流只指*地表径流*。

S轨迹

能实现1994年IPCC评估报告（Enting et al., 1994; Schimel et al., 1995）中定义的稳定的二氧化碳浓度轨迹。对于任何给定的稳定水平，这些轨迹都包含许多种可能。S代表“稳定”。另见*WRE轨迹*。

安全着陆方法

参见*可接受窗口法*。

盐渍化

土壤中盐分的积累。

盐水侵入/侵蚀

由于盐水密度较大，地表面淡水或地下水被盐水入侵所取代，一般发生在沿海和河口地区。

情景(一般的)

对未来如何发展的一种可能的、常常是简化了的描述，它是基于连贯的且内部一致的关于重要驱动力（如*技术*变化的速度、价格）和关系的一组假设得到的。情景既不是*预测*也不是预报，有时可能是基于“叙事性的描述”。情景可以从预计中得到，但经常是基于来自其他来源的额外信息。另见*SRES情景*、*气候情景和排放情景*。

海平面升高

平均海平面升高。这种海面升降性的海平面上升，是由于世界海洋体积的改变而导致的全球平均海平面变化。*相对海平面*升高，是指海平面相对于当地陆地运动的净升高。气候模型学者主要估算海平面的升降变化。而*影响*学者则集中研究海平面的相对变化。

海堤

为防止海浪*侵蚀*人为建造的沿海岸的围墙或大堤。

半干旱地区

年降水量大于250mm的*生态系统*，生产力不高；一般归属为*草原*。

敏感性

敏感性是指系统受与气候有关的*刺激*因素影响的程度，包括不利和有利影响。影响也许是直接的（如作物产量响应平均温度、温度范围或温度变率）或间接的（如由于*海平面升高*，沿海地区洪水频率增加引起的危害）。另见*气候敏感性*。

连续决策

通过纳入随时间推移的其他信息和作出中间修正而作出的逐步决策，以确定在长期不确定性情况下的短期战略。

固碳

增加除大气之外的碳*库*的碳含量的过程。生物固碳过程包括通过*土地利用*变化、*造林*、*再造*林以及加强农业土壤碳吸收的实践来去除大气中的*二氧化碳*。物理固碳过程包括分离和去除烟气中的*二氧化碳*或加工化石燃料产生氢气，或将二氧化碳长期储存在开采过的油气井、煤层和地下含水层。另见*摄入*。

粉粒

疏松的或不牢固的沉淀物质，这些物质组成的颗粒大小比沙粒小，比粘粒大。

造林学

森林的开发和维护。

汇

从大气中清除*温室气体*、*气溶胶*或它们前体的任何过程、活动或机制。

积雪场

融化缓慢的降雪的季节性积累。

社会成本

某活动的社会成本包括所有被利用*资源*的价值。资源的部分价值已经定价，而另一部分还没有。没有定价的资源价值指它的外部性。社会成本是指外部成本与已经定价成本之和。另见*私人成本*和*总成本*。

社会经济潜力

社会经济潜力指通过克服阻碍*成本有效性*技术应用的社会经济障碍、而可能获得的温室气体*减排*水平。同时参见*经济潜力*、*市场潜力*和*技术潜力*。

土壤水汽

储存在土壤表面或内部的，可供蒸发的水分。

太阳活动

太阳呈现出的高度活跃周期，可以从*太阳黑子*数，以及辐射输出、磁活动、高能粒子发射等的观测中得到。这些变化发生的*时间尺度*从数百万到几分钟。另见*太阳周期*。

太阳（“11年”）周期

9到13年周期的准规则的*太阳活动*。

太阳辐射

太阳射出的辐射，也被称为短波辐射。太阳辐射有其特殊的波长（光谱）范围，它是由太阳的温度决定的。另见*红外辐射*。

烟灰颗粒

有机烟雾的火焰外边界的气体熄灭形成的颗粒，主要成分为碳，还有少量的氧和氢，表现为不完全的石墨状的结构 (Charlson 和 Heintzenberg, 1995) 。另见*黑碳*。

源

任何向大气中释放产生*温室气体*、*气溶胶*或*其前体*的过程、活动和机制。

南方涛动

见*厄尔尼诺南方涛动*。

空间和时间尺度

*气候*在一个范围很广的空间和时间尺度上变化。空间尺度具有从局地（小于十万平方公里），到区域（十万到千万平方公里），甚至大陆（千万到亿平方公里）的变化范围。时间尺度具有从季节到地质年代（数亿年）的变化范围。

溢出效应

一个国家或一个部门的*减排*措施对其他国家或部门的经济效应。在本报告中，没有评价环境溢出效果。溢出效果可以是正的、也可以是负的，并且包括对贸易、*碳泄漏*、*环境无害技术*的转让和扩散及其他的影响。

SRES情景

由Nakicenovic et al.(2000)制定并得到各方采用的排放情景。在《IPCC第三次评估报告》的第一工作组部分(IPCC, 2001a)中，它被作为*气候预计*的基础。下面介绍一些相关术语以更好地理解SRES情景组的结构和使用：

- *（情景）族*：具有相似的人口统计、社会、经济、技术变化的情节的多个情景组合。SRES情景集合由四类情景族构成：A1，A2，B1和B2。
- *（情景）组*：情景族中反映一致情节变化的多个情景。A1情景族包括4个组：A1T，A1C，A1G和A1B，用于探讨未来能量体系的替代结构。在Nakicenovic et al.(2000)给决策者的摘要报告中，A1C和A1G组被合并为一个A1FI情景组，其他三个情景族都各包含一个情景组。因此反映在Nakicenovic et al.(2000)给决策者的摘要报告中，SRES情景组共包括6个不同的情景组，它们都是同样有效的，共同捕捉与驱动力和排放相关的不确定性。
- *说明性情景*：对Nakicenovic et al.(2000)的决策者摘要报告中6个*情景组*的每一个给以说明的情景。包括分别针对*情景组*A1B，A2，B1和B2的四个修订的*情景标记*和对A1FI和A1T组的两个附加情景。所有*情景组*都是同样有效的。
- *（情景）标记*：最初以草图的形式贴在SRES网站上的，用以代表一个给定的情景族的一种情景。标记的选择是基于能够最佳反映情节的初始量和特定模式的特征。标记不象其他的情节,但它们被SRES编写工作组认为是对具体情节的描述。它们被包括在Nakicenovic et al的修订版中(2000)。这些情景受到整个编写工作组的最仔细审查并在SRES开放过程中得到使用。还挑选了一些情景来阐述其他的两个情景组。
- *（情景）情节*：对一个情景（或情景族）的叙述性描述，以突出情景的主要特点和关键驱动力与动力演变之间的关系。

稳定化

可实现的稳定大气中一种或多种*温室气体*的浓度(例如二氧*化碳*或二氧*化碳当量*的其他温室气体)。

稳定性分析

在本报告中指针对稳定*温室气体*浓度的分析或*情景*。

稳定情景

参见*稳定性分析*。

利益相关者

掌握补助、减免特权或会受某项特定行动或政策影响的任何其他有*价值*物品的个人或实体。

标准

管制或定义产品性能的一系列规则或规范(例如级别

尺寸、特性、检测方法和使用规范) 。国际产品和/或技术或性能标准确立了应用这些产品和/ 或技术的国家对它们的基本要求。这些标准减少了与产品生产或使用及技术应用有关的*温室气体排放*。另见*规章措施*。

刺激因素（与气候有关的）

气候变化的所有要素，其中包括平均*气候特点*、*气候变率*和极端事件的频率和强度。

储存

见*库*。

风暴潮

由于极端气象条件（低气压或强风）引起的某一特定地点的海水高度暂时增加。风暴潮被定义为在该时间和地点超出潮汐变化的部分。

情节

见*SRES情景*。

流速或流量

河道中的水量，一般表示为立方米/秒。

平流层

大气中*对流层*之上较高的层结区域，其高度从10公里（高纬度约为9公里，热带地区平均为16公里）一直延伸到50公里左右。

结构变化

例如，*国内生产总值*结构中第一产业、第二产业和第三产业的组成变化；如果更普遍一些，任何由于组成部分之间的相互取代或潜在的替代而造成的转化都可以称为结构变化。

淹没

水面相对于陆地而上升，因此淹没以前的旱地；淹没是由陆地下沉或水面上升而造成的。

沉陷

地球表面突然下沉或逐渐下沉，很少或没有水平方向的移动。

补贴

为实施政府希望鼓励的做法，政府给予某个实体的直接款项，或税收的减免。通过减少那些有增加*温室气体排放*效应的补贴，例如对*化石燃料*利用的补贴，或给减排增*汇*（如隔热建筑或植树）的活动提供补贴，这些都可以减少温室气体排放。

六氟化硫(SF_6)

《*京都议定书*》管制的6种温室气体之一。作为高压设备的绝缘体或有助于生产电缆冷却设备，它广泛地应用在重工业生产中。它的*全球增暖潜势*为23900。

太阳黑子

太阳上小的黑色区域。*太阳活动*高峰期，太阳黑子数较多，且随*太阳活动周期*变化。

地表径流

流过土壤表面到达最近的地面河溪的水；降水之后没有从地下流过的排水流域的径流。

可持续发展

满足当代人的需求，而不危及后代人们满足他们自己需求能力的发展。

目标和时间进程

目标是在设定期限或时间进程内(例如2008年到2012年)，对*基准时间*温室气体排放量(例如1990年排放水平) 的特定减排百分比。例如，根据《京都议定书》的规定，欧盟同意在2008年到2012年内将他们的*温室气体排放量*在1990年的水平上减少8%。这些目标和时间进程是对一个国家或地区在某个时间段内可以排放的温室气体总量的限制。

税-交叉效应

见*交叉效应*。

技术潜力

通过实施一项已论证的技术或措施可能带来的*温室气体*减排量或能源效率的提高。另见*经济潜力*、*市场潜力*和*社会经济潜力*。

技术

服务于某项特定活动的设备或技巧。

技术或性能标准

参见*标准*。

技术转让

在不同的*利益相关者*之间进行的知识、资金和商品的交换过程，可以带来适应或减缓*气候*变化技术的传播。作为一个更普遍的概念，泛指国家内和国家间的技术扩散和技术合作。

热侵蚀

受活动水的热量和机械两种作用的共同影响，造成富*冰永久冻结带的侵蚀*。

热膨胀

与海平面上升有关，它是指由于海水变暖而产生的体积增加（密度减小）。海洋增温导致海洋体积的膨胀，从而使海平面升高。

温盐环流

海洋中密度驱动的大尺度环流，是由温度和盐度的差异而产生。在北大西洋，温盐环流包括表层的朝北暖流，和深层的朝南冷流，从而导致净的向极地的热能净的输送。表面水在位于高纬高度极有限的下沉区域下沉。

冰融喀斯特

由冰融化引起的冻结土面上不规则的、圆球状的地形。

检潮仪

一种设置在岸边（有些深入到海里）的用于连续测量邻接陆地的海平面高度的仪器。时间平均的海平面高度被记录下来以观测*相对海平面的长期变化*。

时间尺度

拟表述的某过程的典型时间。由于许多过程的大部分效应出现在早期，并在随后的很长时期中逐步接近完全表现。就本报告而言，时间尺度在数值上被定义为至少显示其最终一半效应的过程的不规则运动所需的时间。

可承受窗口方法

用来分析温室*气体排放*，因为它们可以通过采取长期气候目标(例如温度或海平面变化以及变化的速率) 而不是温室气体浓度的稳定来控制。这些方法的主要目的是评价针对全球温室气体排放的中短期“可承受”范围的长期目标的影响程度。也见安全着陆方式。

自上而下模型

“自上而下”和“自下而上”是集合模型和非集合模型的简称。模型工作者将宏观经济理论和经济计量方法应用于对消费、价格、收入和要素成本等历史数据的分析，来模拟能源、交通、农业和工业等主要部门的商品和服务需求量以及供应，这种方法称为“自上而下”。所以，*自上而下模型*通过集合经济变量来评价整个系统，而自下而上模型则需要考虑技术选择或特定的*气候变化减缓*政策。但是有一些自上而下分析方法也包含了技术数据，所以它们的区分并不是泾渭分明的。

总成本

所有项目的成本总和。社会的总成本由*外部成本和私人成本*组成，统称为*社会成本*。

贸易效应

国家出口商品购买力改变对其贸易伙伴进口商品的经济影响。当气候政策改变了相对生产成本，就有可能在很大程度上改变贸易关系，从而改变最终的经济平衡。

瞬变气候响应

平均每20年的全球平均表面气温升高，中间值出现在CO_2加倍时（即，利用全球耦合气候模式进行的在每年1%的CO_2混合物增加实验中的第70年）。

对流层顶

*对流层与平流层*的分界。

对流层

大气的最低层，在中纬度地区，从地面至海拔约1 0公里高处（高纬度为9 公里，热带地区平均为1 6 公里），云和“天气”现象均发生于其中。对流层内，温度随高度的增加而降低。

苔原

北极和亚北极地区的无树的、平坦的或略微起伏的平原。

周转时间

参见*生命期*。

紫外线（UV）-B辐射

波长范围在280-320 nm内的*太阳辐射*，大部分被平

流层臭氧所吸收。UV-B辐射的增加抑制生物体的免疫系统并对生物体有其他不利影响。

不确定性

对于某一变量（如未来*气候系统*的状态）的未知程度的表示。不确定性可以来自于对已知或可知事物的信息的缺乏或认识不统一。主要来源有许多，如从数据的定量化误差到概念或术语定义的含糊，或者人类行为的不确定*预计*。不确定性可以做定量的表示（如不同模式计算所得到的一个变化范围）或定性描述（如专家小组的判断）。
参见Moss和Schneider的文章 (2000)。

营养不良

连续的食物摄取量不能满足规定的能量需求、吸收差和/ 或生理上利用所消耗的营养物质的能力差所造成的结果。

独特的和受到威胁的系统

被限制在相对狭小的地理范围内的群体，但对其他比其群体分布范围更大的系统也能产生影响；狭小的地理范围表明其对包括*气候*在内的环境变化*敏感*，因此证明这种群体对*气候变化*存在潜在的*脆弱性*。

联合国气候变化框架公约(UNFCCC)

该公约于1992年5月9日在纽约通过，并在1992年里约热内卢召开的地球峰会议上，由150多个国家以及欧共体共同签订。其宗旨是“将大气中温室气体浓度稳定在一个水平上，使气候系统免受危险的人为干涉”。它包括所有缔约方的承诺。在该公约下，附件一中的缔约方致力于在2000年前将未受*《蒙特利尔议定书》*限制的温室气体*排放*回复到1990年的水平。该公约1994年3月生效。另见*京都议定书和缔约方大会（COP）*。

摄入

贮藏库对某种物质的追加。含碳物质（尤其是二氧*化碳*）的摄入常被称为（碳）*固积*。另见*固碳*。

上涌

较深层的水向表面传输，一般由表面水的水平运动引起。

城市化

将土地由自然状态或被管理的自然状态（如农业）转变为城市；纯粹的农村向城市移民驱动的过程。任何一个国家或地区的越来越高比例的人口逐渐居住到被定义为“市中心”的聚居地都是“城市化”过程。

增加值

所有产出之和减去中间投入之后的部门净产出。

价值

基于个人喜好的价值、客观需要或效用。任何资源的总价值是所有利用这些资源的个人价值的总和。作为评价成本的基础，价值以个人获得资源的支付意愿(WTP)或个人出让资源的可接受出让意愿(WTA)来表示。

传病媒介

能将病菌由一个寄主传播给另外一个寄主的一种有机体，如一个昆虫。另见*由传病媒介引起的疾病*。

传病媒介引起的疾病

由*传病媒介*生物体（如蚊子和扁虱）引起的在寄主之间传染的疾病，如疟疾、登革热和利什曼病。

体积混合比

见*摩尔比例*。

自愿协议

政府与一个或多个私人团体间的协议，或者被政府部门认可的单方承诺，以达到*遵约*之外的环境目标或改善环境状况。

脆弱性

脆弱性是指系统易受或没有能力对付*气候变化*，包括*气候变率*和极端气候事件不利影响的程度。脆弱性是一个系统所面对的气候变率特征、变化幅度和变化速率以及系统的*敏感性*和*适应能力*的函数。

水胁迫

如果可用的淡水供应相对于*水量提取*来说对发展有极大的限制，那么该国属水胁迫国家。水量提取超过可再生水供应的20%作为水胁迫的指标。

水分利用效率

在光合作用过程中*蒸腾*每单位水分所固定的碳。短期可以表示为每蒸腾损失单位水分光合作用所固定的碳的比率，在季节时间尺度上可以表示为农作物

*净初级生产力*或农业产量与可利用的有效水分量的比率。

水量提取

从水体中提取的水量。

WRE轨迹

能实现 Wigley、 Richels 和 Edmonds 三人(1996)定义的稳定浓度的二氧化碳浓度轨迹，这三人名字的第一个字母构成了该缩略语。对于任何给定的稳定水平，这些轨迹都包含许多种可能。另见*S轨迹*。

浮游动物

*浮游生物*中的动物。它们消耗*浮游植物*或其他*浮游动物*。另见*浮游植物*。

资料来源：

Charlson, R.J., and J. Heintzenberg (eds.), 1995: *Aerosol Forcing of Climate*. John Wiley and Sons Limited, Chichester, United Kingdom, pp. 91ñ108 (reproduced with permission).

Enting, I.G., T.M.L. Wigley, and M. Heimann, 1994: Future emissions and concentrations of carbon dioxide: key ocean/atmosphere/land analyses. *CSIRO Division of Atmospheric Research Technical Paper 31*, Mordialloc, Australia, 120 pp.

IPCC, 1992: *Climate Change 1992: The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment* [Houghton, J.T., B.A. Callander, and S.K. Varney (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, xi + 116 pp.

IPCC, 1994: *Climate Change 1994*: *Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios*, [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, J. Bruce, Hoesung Lee, B.A. Callander, E. Haites, N. Harris, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 339 pp.

IPCC, 1996: *Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton., J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp.

IPCC, 1997a: *IPCC Technical Paper 2: An Introduction to Simple Climate Models used in the IPCC Second Assessment Report* [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, and K. Maskell (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 51 pp.

IPCC, 1997b: *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (3 volumes) [Houghton, J. T., L.G. Meira Filho, B. Lim, K. TrÈanton, I. Mamaty, Y. Bonduki, D.J. Griggs, and B.A. Callander (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland.

IPCC, 1997c: *IPCC Technical Paper 4: Implications of Proposed CO_2 Emissions Limitations*. [Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, and M. Noguer (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 41 pp.

IPCC, 1998: *The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. A Special Report of IPCC Working Group II* [Watson, R.T., M.C. Zinyowera, and R. H. Moss (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 517 pp.

IPCC, 2000a: *Methodological and Technical Issues in Technology Transfer*. *A Special Report of IPCC Working Group III* [Metz, B., O.R. Davidson, J.-W. Martens, S.N. M. van Rooijen, and L. van Wie McGrory (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 466 pp.

IPCC, 2000b: *Land Use, Land-Use Change, and Forestry. A Special Report of the IPCC* [Watson, R.T., I.R. Noble, B. Bolin, N.H. Ravindranath, D.J. Verardo, and D.J. Dokken (eds.)] Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 377 pp.

IPCC, 2001a: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.G. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.

IPCC, 2001b: *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, and K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1031 pp.

IPCC, 2001c: *Climate Change 2001: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Metz, B., O.R. Davidson, R. Swart, and J. Pan (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 752 pp.

Jackson, J. (ed.), 1997: *Glossary of Geology*. American Geological Institute, Alexandria, Virginia.

Maunder, W.J., 1992: *Dictionary of Global Climate Change*, UCL Press Ltd.

Moss, R. and S. Schneider, 2000:Uncertainties in the IPCC TAR: recommendations to Lead Authors for more consistent assessment and reporting. In: *Guidance Papers on the Cross-Cutting Issues of the Third Assessment Report of the IPCC* [Pachauri, R., T. Taniguchi, and K. Tanaka (eds.)]. Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, pp. 33ñ51. Available online at http://www.gispri.or.jp.

Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Gr¸bler, T.Y. Jung, T. Kram, E.L. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, and Z. Dadi, 2000: *Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.

Schwartz, S. E. and P. Warneck, 1995: Units for use in atmospheric chemistry, *Pure & Appl. Chem*., **67**, 1377ñ 1406.

UNEP, 1995: *Global Biodiversity Assessment* [Heywood, V. H. and R.T. Watson (eds.)]. Cambridge Unive rsity Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1140 pp.

Wigley, T.M.L., R. Richels, and J.A. Edmonds, 1996: Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO_2 concentrations. *Nature*, **379**, 242ñ245.

附录C：缩略语及单位

AA	分配数量
AAU	分配数量单位
AD	公元
AIJ	共同执行活动
A-O	大气-海洋
AO	北极涛动大气-海洋总环流模式B
AOGCM	ern碳循环
Bern-CC	距今……以前
BP	六氟化二碳
C_2F_6	三碳化合物
C_3	四碳化合物
C_4	加拿大、澳大利亚和新西兰成本-效益分析
CANZ	加拿大气候中心（模拟与分析）（加拿大）
CBA	联合循环气轮机
CCC(ma)	清洁发展机制
CCGT	成本-效果分析
CDM	经证明的排放量减少
CEA	四氟甲烷
CER	氯氟碳化物
CF_4	CCC(ma)的耦合GCM
CFC	可计算的一般均衡
CGCM	国际农业研究咨询小组
CGE	甲烷
CGIAR	热电联产
CH_4	耦合模式对比项目
CHP	二氧化碳
CMIP	缔约方会议
CO_2	决策分析框架
COP	发展、公平与可持续性
DAF	关于发展、公平与可持续性的指导文件
DES	登革出血热
DES GP	决策框架
DHF	登革休克综合症状
DMF	欧洲经济委员会
DSS	经济转型
ECE	厄尔尼诺南方涛动
EIT	排放量减少单位
ENSO	执行摘要
ERU	能源服务公司
ES	环境无害技术
ESCO	气候变化框架公约
EST	前苏联
FCCC	总环流模式
FSU	国内生产总值
GCM	地球物理流体动力实验室（美国）
GDP	温室气体
GFDL	国民生产总值
GHG	指导文件
GNP	初级生产总量
GP	全球增温潜势
GPP	水蒸汽
GWP	
H_2O	

HadCM	哈德雷中心耦合模式
HFC	氢氟碳化物
IAM	综合评估模式
ICSU	国际科学联盟理事会
IEA	国际能源机构
IET	国际排放贸易
IGCCS	集中气化联合循环或超临界
IPCC	政府间气候变化专业委员会
IPCC TP3	关于稳定大气温室气体的技术文件：物理、生物和社会经济影响
IPCC TP4	关于拟议的二氧化碳排放限制影响的技术文件
ISAM	综合科学评估模式
JI	联合履行
LCC	土地覆盖变化
LSG	大尺度地转海洋模式
LUC	土地利用变化
MAC	边际减排成本
MOP	缔约方大会
MSL	平均海平面
MSU	微波探测元件
N_2O	氧化亚氮
NAO	北大西洋涛动
NBP	净生物群系生产量
NEP	净生态系统生产量
NGOs	非政府组织
NO_x	氮氧化物
NPP	净初级生产量
NSI	国家革新系统
O_2	氧气
O_3	臭氧
ODS	臭氧耗竭物
OECD	经济合作与发展组织
OPEC	石油输出国组织
OPYC	海洋等密面GCM
PFC	全氟化碳
PMIP	古气候模式对比项目
PPM	工艺与生产方法
PPP	购买力评价
R&D	研究与开发
RCM	区域气候模式
SAR	第二次评估报告
SF_6	六氟化硫
SME	中小型企业
SO_2	二氧化硫
SPM	决策者摘要
SRAGA	航空与全球大气特别报告
SRES	排放情景特别报告
SRLULUCF	土地利用、土地利用变化和林业特别报告
SRTT	技术转让方法学和技术问题特别报告
SST	海面温度
TAR	第三次评估报告
TCR	瞬变气候响应
THC	温盐环流
TP	技术文件
TS	技术摘要
TSI	太阳辐射总量

UNEP	联合国环境规划署
UNESCO	联合国教育、科学与文化组织
UNFCCC	联合国气候变化框架公约
UV	紫外线
VA	自愿协议或附加值
VOC	挥发性有机化合物
WAIS	南极洲西部大冰原
WG I TAR	第三次评估报告中的第一工作组部分
WG II SAR	第二次评估报告中的第二工作组部分
WG II TAR	第三次评估报告中的第二工作组部分
WG III TAR	第三次评估报告中的第三工作组部分
WMO	世界气象组织
WRE	Wigley、Richels、Edmonds三人
WTA	接受意愿
WTP	支付意愿
WUE	水分利用效率

单位

SI（国际制）单位

物理量	单位名称	符号
长度	米	m
质量	千克	Kg
时间	秒	s
热力学温度	开尔文	K
物质的量	摩尔	mol

分数	词头	符号	倍数	词头	符号
10^{-1}	分	d	10	十	da
10^{-2}	厘	c	10^{2}	百	h
10^{-3}	毫	m	10^{3}	千	k
10^{-6}	微	μ	10^{6}	兆	M
10^{-9}	纳	n	10^{9}	吉	G
10^{-12}	皮	p	10^{12}	太	T
10^{-15}	飞	t	10^{15}	拍	P

国际单位制中具有专门名称的导出单位及其符号

物理量	国际制单位名称	国际制单位符号	单位定义
力	牛顿	N	$kg\ m\ s^{-2}$
压力	帕斯卡	Pa	$kg\ m^{-1}\ s^{-2}\ (=N\ m^{-2})$
能量	焦耳	J	$kg\ m^{2}\ s^{-2}$
功率	瓦特	W	$kg\ m^{2}\ s^{-3}\ (=J\ s^{-1})$
频率	赫兹	Hz	s^{-1} (周/秒)

国际单位制中具有专门名称的十进制分数与倍数

物理量	国际制单位名称	国际制单位符号	单位定义
长度	Å	Å	$10^{-10}\ m = 10^{-8}\ cm$
长度	微米	μm	$10^{-6}\ m$
面积	达因	ha	$10^{4}\ m^{2}$
压力	巴	dyn	$10^{-5}\ N$
压力	毫巴	bar	$10^{5}\ N\ m^{-2} = 10^{5}\ Pa$
质量	吨	mb	$10^{2}\ N\ m^{-2} = 1\ hPa$
质量	克	t	$10^{3}\ kg$
圆柱密度	都布森单位	g	$10^{-3}\ kg$
流量	斯维尔德鲁普	DU	$2.687x10^{16}\ molecules\ cm^{-2}$
		Sv	$10^{6}\ m^{3}\ s^{-1}$

非国际制单位

℃	摄氏度（0℃ 约为 273 K）
	温度的差异也多用℃(=K)表示，而不是用更准确的“摄氏度”。
ppmv	体积单位的百万分之一
ppbv	体积单位的十亿分之一
pptv	体积单位的万亿分之一
yr	年
ky	千年
bp	距今……以前

附录D：委员会选定的科学、技术和社会经济问题

问题 1

科学、技术和社会经济分析究竟在哪些方面能有助于确定《联合国气候变化框架公约》第二条所提及的“气候系统危险的人为干扰”的构成是什么?

问题 2

自从前工业化时期以来，地球气候变化的证据、原因和后果是什么?

- 前工业化时期以来，地球气候在区域或全球尺度上变化了吗? 如果是，在观测到的变化中，哪些（假设有）是人类影响造成的? 哪些（假设有）可以被归结为自然现象? 这种原因判别的基础是什么?
- 前工业化时期以来，特别是过去50年，气候变化对环境、社会、经济的影响怎样?

问题 3

在第三次评估报告中(TAR)所使用的一系列温室气体排放情景下，目前关于未来25、50、和100年的区域和全球的气候、环境以及社会经济的后果(其预测中未考虑政策介入的影响) 所了解的程度?

尽可能地评价：

- 预计的大气浓度、气候和海平面的变化；
- 气候和大气组成的变化对人类健康、生态系统的生物多样性和生产力以及社会经济部门（特别是农业和水)的影响及其经济成本和效益；
- 适应性选择的范畴，包括成本、效益以及挑战；
- 区域和全球尺度上，与影响和适应有关的发展、持续性和平等问题。

问题 4

我们所了解的大气中温室气体含量和气溶胶浓度增加所产生的影响以及对人类活动引起的全球和区域气候变化的预测：

a. 气候脉动的频率和幅度如何? 这些气候脉动包括逐日、季节、年际和年代际变率，如ENSO循环及其他。

b. 诸如热浪、干旱、洪涝、暴雨、雪崩、风暴、龙卷风和热带气旋等这些极端事件的生命期长度、发生地、频率和强度如何?

c. 在温室气体的源和汇、大洋环流以及极冰和永冻土的范围中或其他现象中是否存在发生突变/ 非线性变化的风险? 若有，那么这种风险能否量化?

d. 生态系统中是否存在发生突变或非线性变化的风险?

问题 5

对与气候系统、生态系统和社会-经济部门的变化及其相互作用有关的惯性和时间尺度问题的认识程度如何?

问题 6

考虑到历史和当前的排放，一系列减排行动介入的范围程度、时间是如何决定和影响气候变化的速率、强度、后果以及如何影响全球和地区经济的?

考虑到气溶胶可能的影响程度，将大气温室气体浓度稳定在当前水平到加倍或更高水平(等量CO_2计)，我们从区域和全球气候、环境以及社会-经济影响的敏感性研究中了解到了什么? 对应于问题3中所考虑的一系列情景，对每一稳定的浓度情景，包括不同的稳定途径，相关的成本和效益进行评价，涉及如下内容：

- 预测的大气温室气体浓度、气候和海平面的变化，包括100年之后的变化；
- 气候和大气成份变化对人体健康、生态系统的多样性和生产力以及社会-经济部门（特别是农业和水）的影响及经济成本效益；
- 适应对策的范围，包括成本、效益和挑战；
- 通过定量或定性地评价为避免环境危害所采取的减排措施的国家和全球成本效益，评价如何对这些成本效益进行比较，确定达到每个稳定水平的技术、政策和措施的范围；
- 与区域和全球尺度的影响、适应和减缓相关的发展、可持续性及公平性问题。

问题 7

在减少温室气体排放的潜力，成本和效益，以及时间架构方面，我们了解些什么?

- 什么是经济和社会的成本效益，什么是政策和措施的公平含义，什么是可以考虑的致力于地区和全球气候变化的《京都议定书》的机制?

- 什么是可考虑的研究与开发、投资及其他的政策措施，这些措施被认为对加强开发和推广气候变化技术最有效?

- 哪些经济和其他政策选择可以考虑用于消除刺激私有和公共部门技术在国家间转移和推广方面现有和潜在的障碍，它们对推测的排放可能产生什么样的影响?

- 上述措施的时间安排如何影响经济的成本效益、以及下世纪及以后大气中的温室气体浓度?

问题 8

对于预测的人为因素引起的气候变化和其他环境问题(如城市空气污染、区域性酸沉降、生物多样性的丧失、平流层臭氧损耗，以及荒漠化和土地退化)之间的相互作用，我们已知多少? 为了以公平的方式将气候变化响应战略纳入当地、区域和全球尺度上的广泛的可持续发展战略，对于环境、社会、经济成本与效益以及这些相互作用的内涵，我们已知多少?

问题 9

对于下列气候变化的起因和模型预测的确凿性发现和主要不确定性是什么：

- 未来温室气体和气溶胶排放?
- 未来温室气体和气溶胶浓度?
- 未来区域和全球气候变化趋势?
- 区域和全球气候变化所产生的影响?
- 减排和适应对策的成本和效益?

附录E：IPCC主要报告一览表

气候变化--IPCC科学评估
IPCC科学评估工作组1990年报告
(此外还有中文、法文、俄文和西班牙文版)

气候变化--IPCC影响评估
IPCC影响评估工作组1990年报告
(此外还有中文、法文、俄文和西班牙文版)

气候变化--IPCC响应战略
IPCC响应战略工作组1990年报告
(此外还有中文、法文、俄文和西班牙文版)

排放情景
为IPCC响应战略工作组撰写, 1990年

评估沿海地区对海平面上升的脆弱性--共同方法
1991年（此外还有阿拉伯文和法文版）

气候变化1992--IPCC科学评估增补报告
IPCC科学评估工作组1992年报告

气候变化1992--IPCC影响评估增补报告
IPCC影响评估工作组1992年报告

气候变化:IPCC1990和1992年评估
IPCC第一次评估报告概况和决策者摘要及1992年IPCC增补件

全球气候变化和日益出现海洋挑战
IPCC响应战略工作组海区管理分组，1992年

IPCC国家研究研讨会报告
1992年

气候变化影响评估初步指南
1992年

IPCC国家温室气体清单指南
3卷，1994年(此外还有法文、俄文和西班牙文版)

IPCC气候变化影响和适应性评估技术指南
1995年(此外还有阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文版)

气候变化1994--气候变化辐射强迫和IPCC IS92排放情景评估
1995年

气候变化1995--气候变化科学,IPCC第二次评估报告第一工作组报告
1996年

气候变化1995--气候变化影响、适应性和减缓：科技分析IPCC第二次评估报告第二工作组报告
1996年

气候变化1995--气候变化的经济和社会方面,IPCC第二次评估报告第三工作组报告
1996年

气候变化1995--IPCC有关《联合国气候变化框架公约》关于气候变化第二款解释的科技信息综述
1996年(此外还有阿拉伯文、中文、法文、俄文和西班牙文版)

减缓气候变化的技术、政策和措施--IPCC技术报告一
1996年(此外还有法文和西班牙文版)

对IPCC第二次评估报告中使用的简单气候模式的介绍--IPCC技术报告二
1997年(此外还有法文和西班牙文版)

稳定大气温室气体--物理、生物和社会经济影响--IPCC技术报告三
1997年(此外还有法文和西班牙文版)

二氧化碳排放限制建议的影响--IPCC技术论文四
1997年(此外还有法文和西班牙文版)

气候变化区域影响:脆弱性评估--IPCC特别报告
1998年

航空和全球大气--IPCC特别报告
1999年

技术转让中的方法和技术问题--IPCC特别报告
2000年

土地利用、土地利用变化和林业--IPCC特别报告
2000年

排放情景--IPCC特别报告
2000年

温室气体清单中的有效措施指南和不确定性管理
2000年

气候变化2001：科学基础--IPCC第三次评估报告第一工作组报告
2001年

气候变化2001：影响、适应性和脆弱性--IPCC第三次评估报告第二工作组报告
2001年

气候变化2001：减缓--IPCC第三次评估报告第三工作组报告
2001年

信息咨询：世界气象组织转IPCC秘书处，7bis, Avenue de la Paix, Case Postale 2300, 1211 Geneva 2, Switzerland