

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. Mwンドوسya, Leonard Nurse, Martin Parry, Joyce Penner, Colin Prentice, Venkatachalam Ramaswamy, Sarah Raper, Jim Salinger, Michael Scott, Roger A. Sedjo, Priyadarshi 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, Oyyvind 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。



WGII TAR 第19章

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）

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，这其中包括：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）



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）



1.8 气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）



1.9 气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）



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



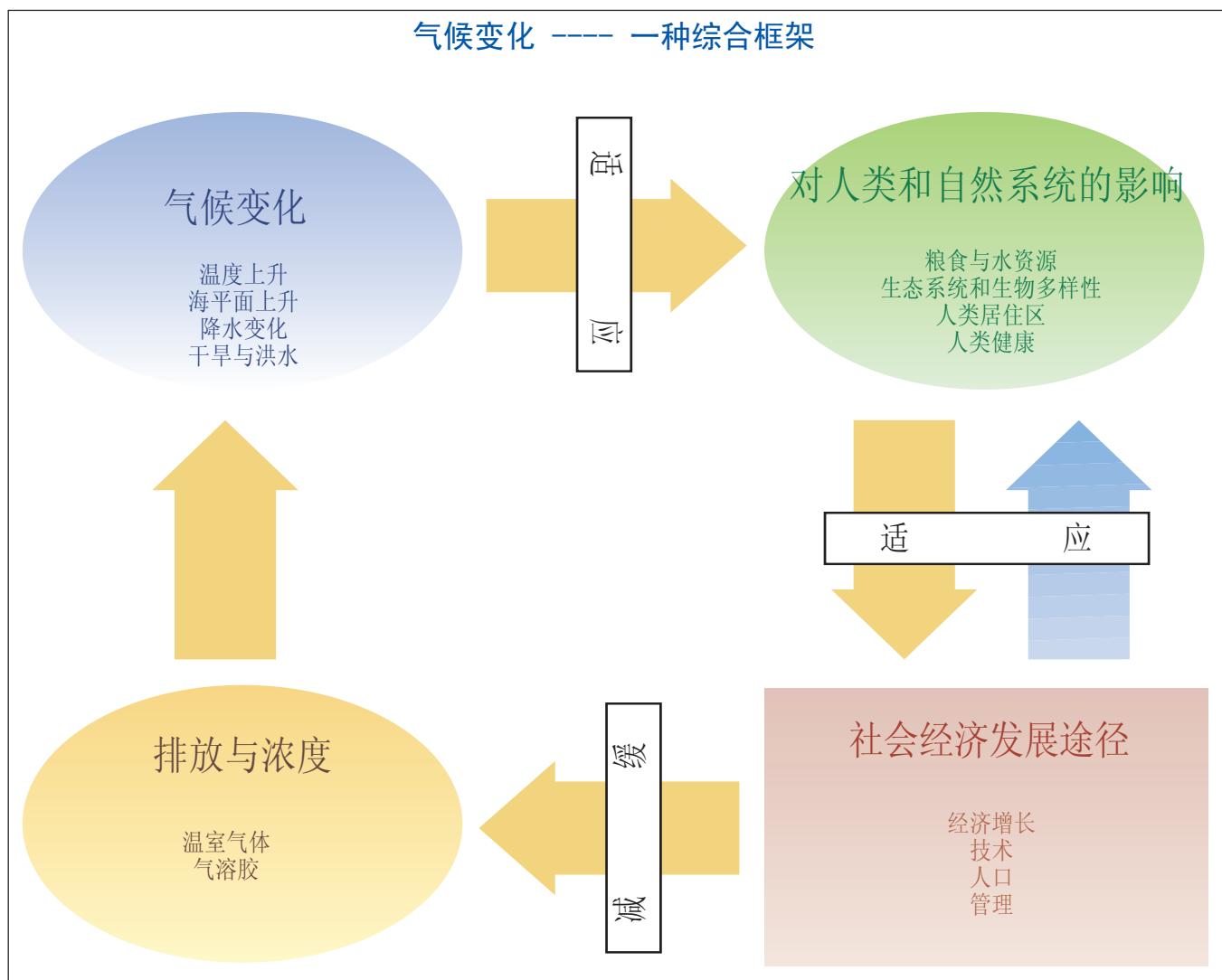


图1-1：气候变化 —— 一种综合框架。考虑人为气候变化的一种综合评估框架的示意性简图，图中的黄色箭头表示图中四个象限因果之间完整的顺时针循环，而蓝色箭头表示对气候变化影响的社会响应。在排放情景特别报告中探讨的包括发达国家和发展中国家的每一种社会经济发展道路，都有引起温室气体、气溶胶和前体物排放的驱动因子，其中二氧化碳是最重要的温室气体。大气中温室气体排放量的累积、浓度的改变以及自然平衡的扰乱，取决于诸如太阳辐射、云的形成和降雨等物理过程。气溶胶同时也造成危害人类和自然系统（图中没有标出）的大气污染（如酸雨），其加强的温室效应将在未来改变气候，并对自然和人类系统产生相应的影响。在这些系统的变化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。[\(WGIII TAR 第10.3.2节\)](#)

- 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。[\(WGII TAR 第18章和WGIII TAR第8, 9和10章, 及SRES\)](#)



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

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）。
- 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CO₂和CH₄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，CO₂和CH₄分别是第一、第二位最重要的。从1750年到2000年，CO₂浓度增加了31±4%，CH₄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CO₂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CO₂的一个净源，但是在20世纪90年代它变成了一个净汇。CH₄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他工业和农业直接排放造成的。（WGI TAR 第3和4章，及SRAGA）



WGI TAR 第3 & 4章, &
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 ₂ O) 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°C; 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 第2ES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]

→

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


 WGI TAR 第5 & 6章, &
SRAGA 第6章

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）

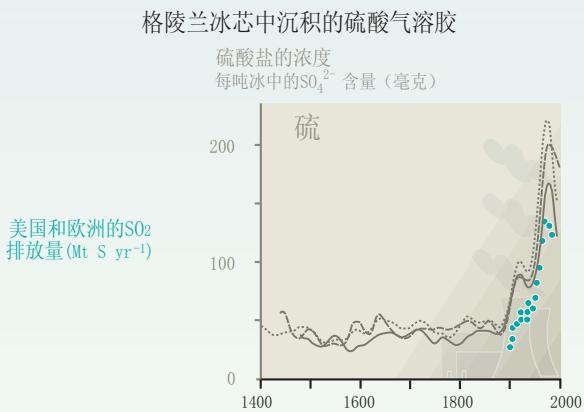
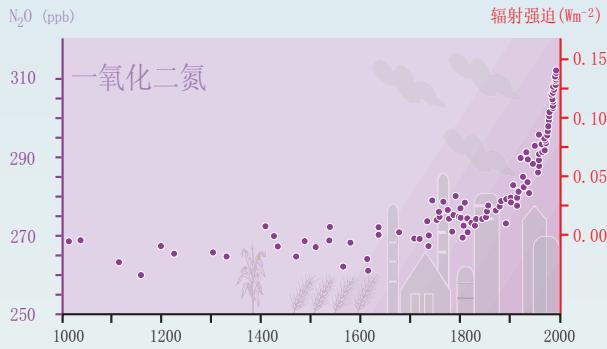
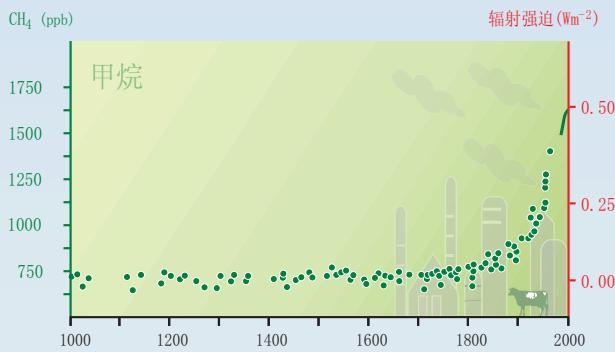
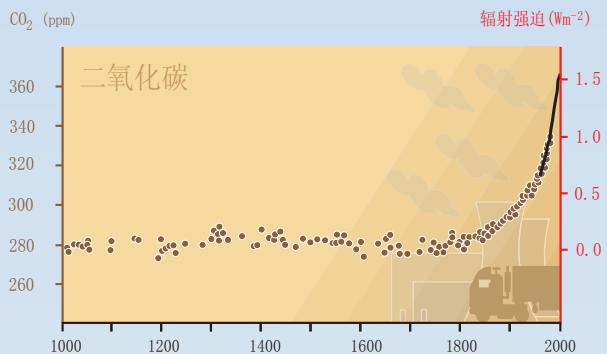
2.6 不断增加的观测结果全面描述了变暖的世界以及气候系统其它变化（表2-1）。

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



工业时代人类对大气影响的指标

全球三种完全混合的温室气体的大气浓度



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），它消除了火山喷造成的影响。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°C （见框2-1），很可能介于 $0.4\text{--}0.8^{\circ}\text{C}$ 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°C ，约是相应的白

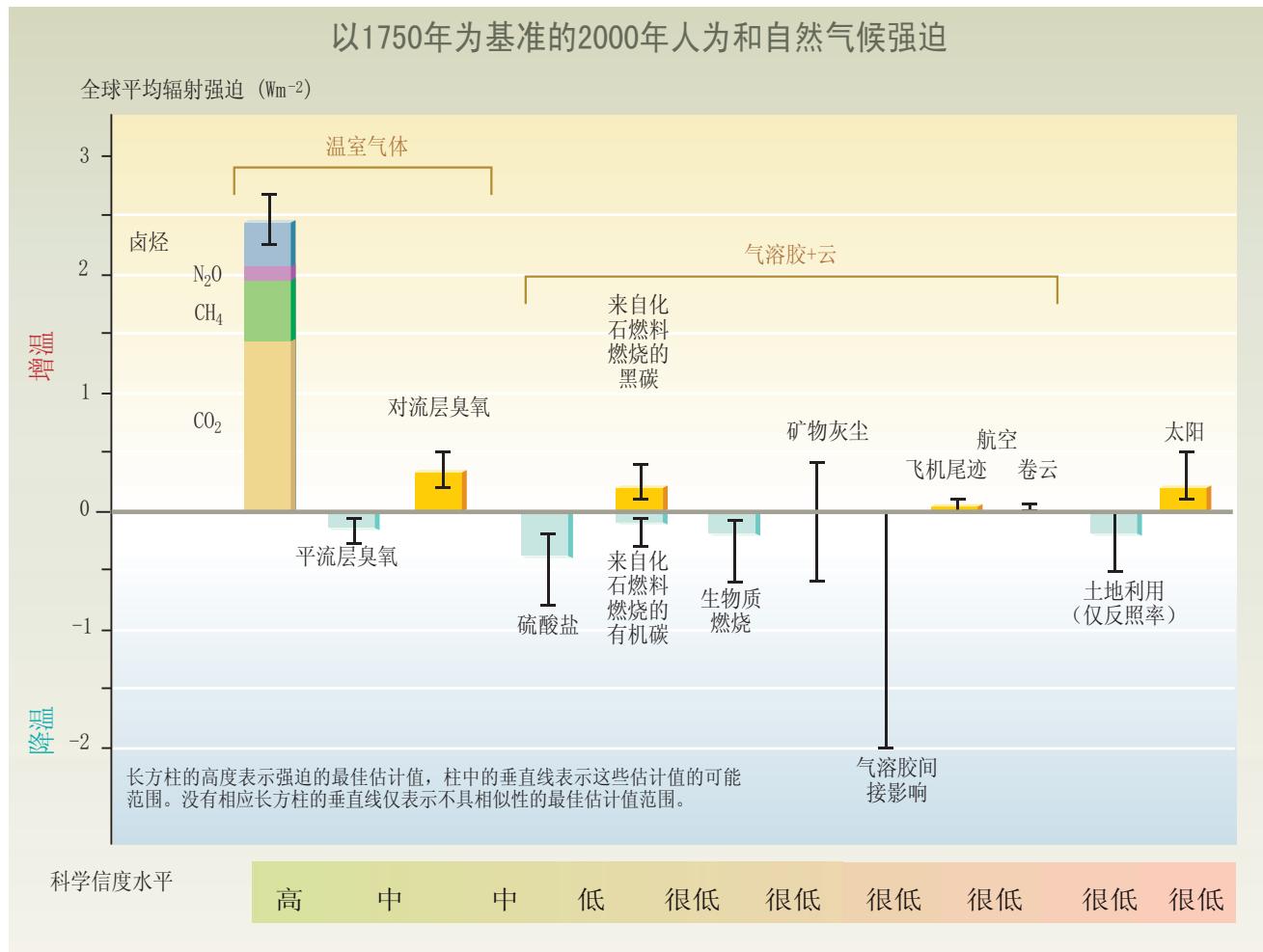


图2-2：外部因子对气候的影响可以通过使用辐射强迫的概念来予以比较。这些辐射强迫产生于大气组成的变化、土地利用导致的反射率改变以及太阳输出的变化等。除了太阳变化，一些人类活动都相互联系。长方柱代表这些强迫的贡献，其中一些引起增暖，另一些引起变冷。造成只几年负强迫的不规则火山喷发的事件没有在此显示。气溶胶对云滴大小和数量的间接影响表示了，但气溶胶的二次间接影响、即对云生命期的影响（也引起负强迫）没有显示。温室气体变化的影响包括在图里。垂直线表示估计的区间，这来自于关于辐射强迫的发表的数据及其对其物理意义的理解。一些强迫比其他的具有大得多的确定性水平。没有长方柱只有垂直线的表示因不确定太大，无法给出最好估计值。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)**

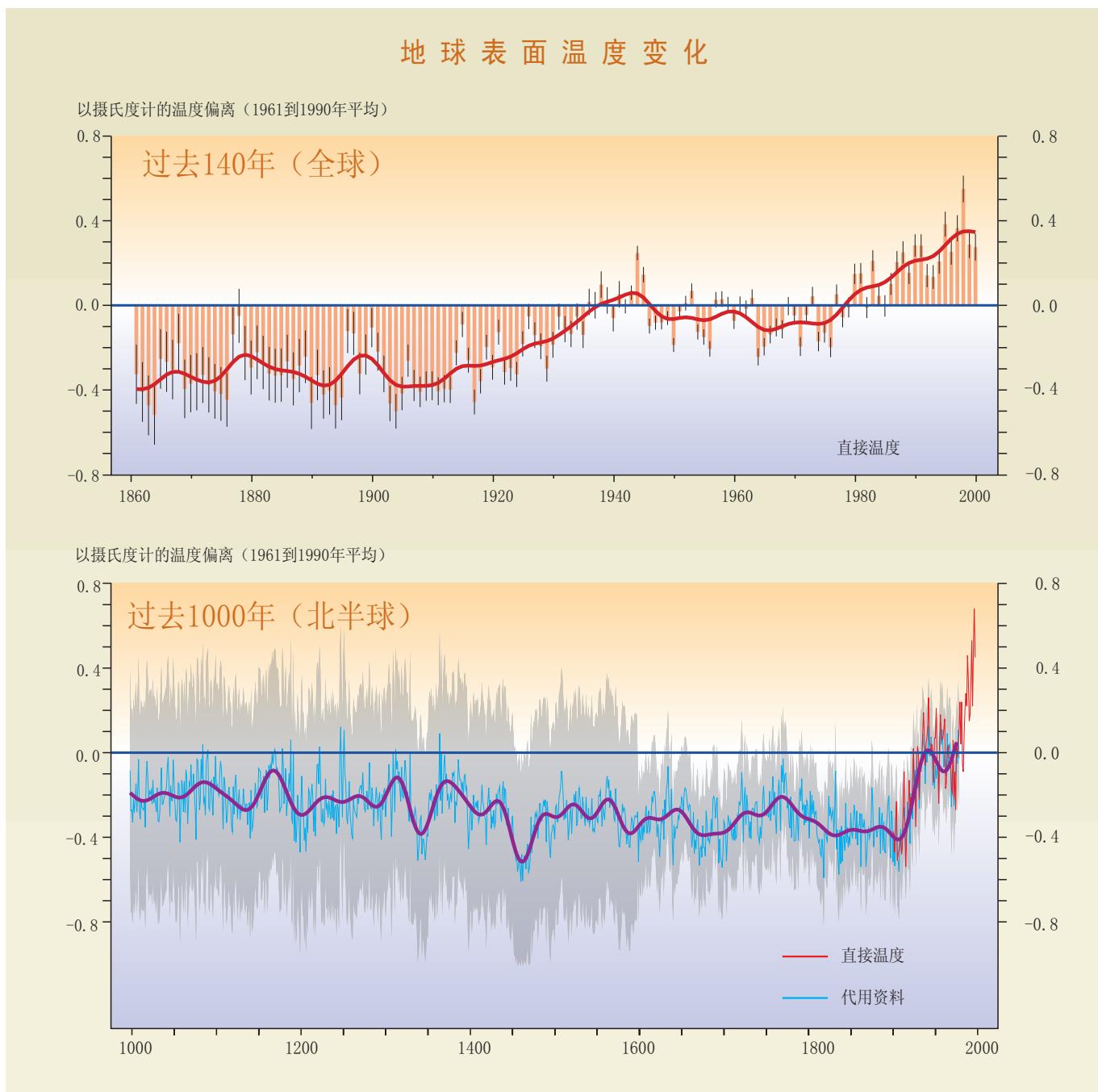


图2-3：在直接的温度测量时期，地表温度上升了大约 0.6°C （1860-2000，上图）。这种增暖是空前的，至少就基于北半球过去1000年的代用温度资料分析来说是如此（下图）。上图中显示了逐年全球平均表面温度距平（红柱，细黑线条表示很可能的波动范围）以及约每十年的全球平均表面温度距平（连续的红线）。分析考虑了资料间断、随机仪器误差和不确定性，以及在海面温度资料误差订正和陆地上城市化影响订正等方面的不确定性。下图合并了北半球的代用资料（逐年为蓝线，很可能的波动范围为灰带，50年平均以紫线表示）和直接温度测量（红线）。代用资料包括树木年轮、珊瑚、冰芯和历史记录，这些资料已经用温度计资料做过校准。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

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°C ，这和地表气温变化相似。在1979-2000年时期，对于北美（ 0.3°C 每10年）和欧洲（ 0.4°C 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 $+0.1 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，而低层大气每10年 $-0.06 \pm 0.16^{\circ}\text{C}$ ）。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 SPM & WGI
TAR 第 2.2.4 节

模拟的1860年以来温度上升和实际观测到的上升的比较

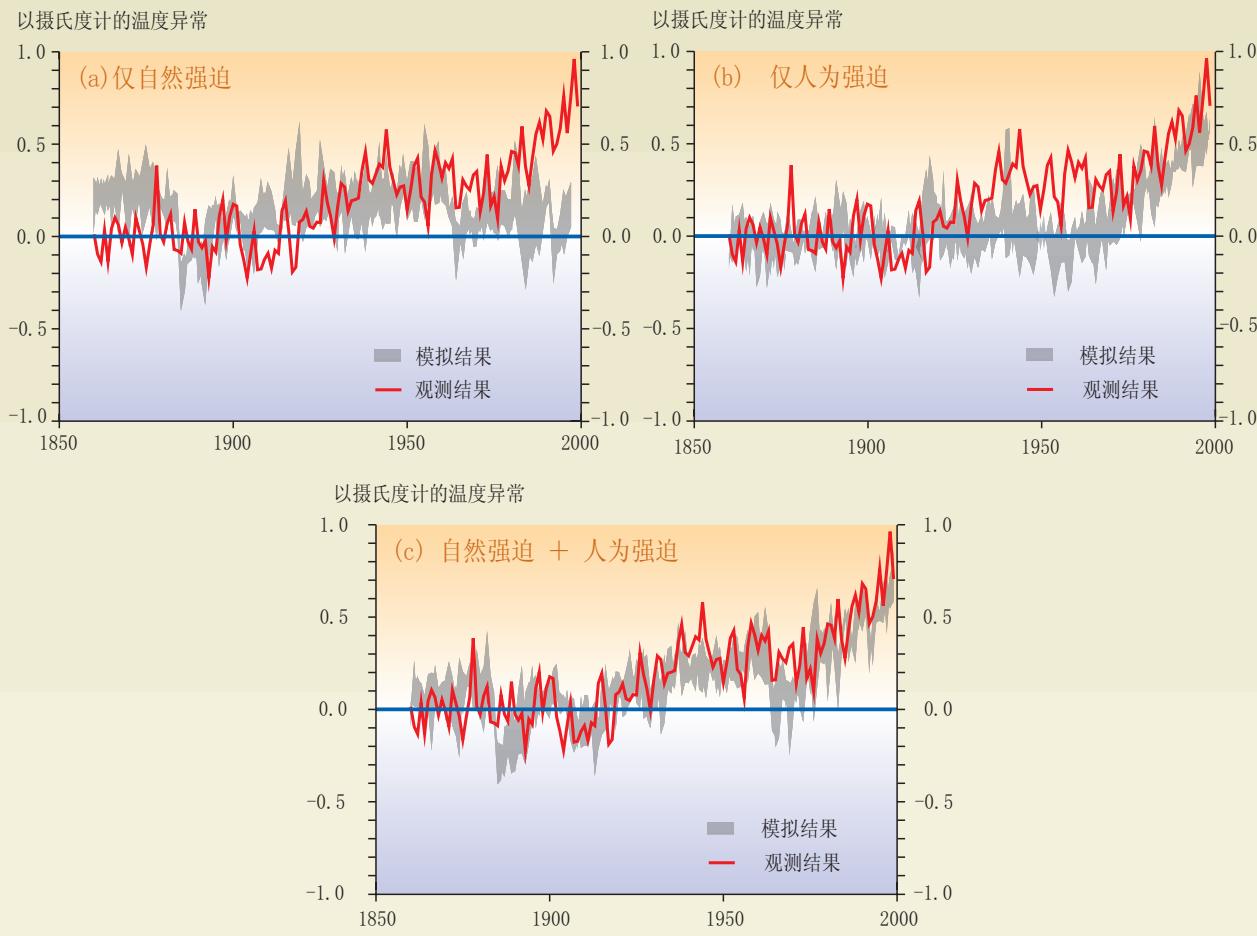


图2-4：模拟地球的温度变化，并且把结果与观测的变化做比较，可以了解重要变化的原因。

WGI TAR 图 12-7

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 & WGI
TAR 第 12 章

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化、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 SPM & WGI
TAR 第 4.3.11 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 2.2.2.5, 11.
2, & 11.3.2 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。



WGI TAR 第 2.2.5 节

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

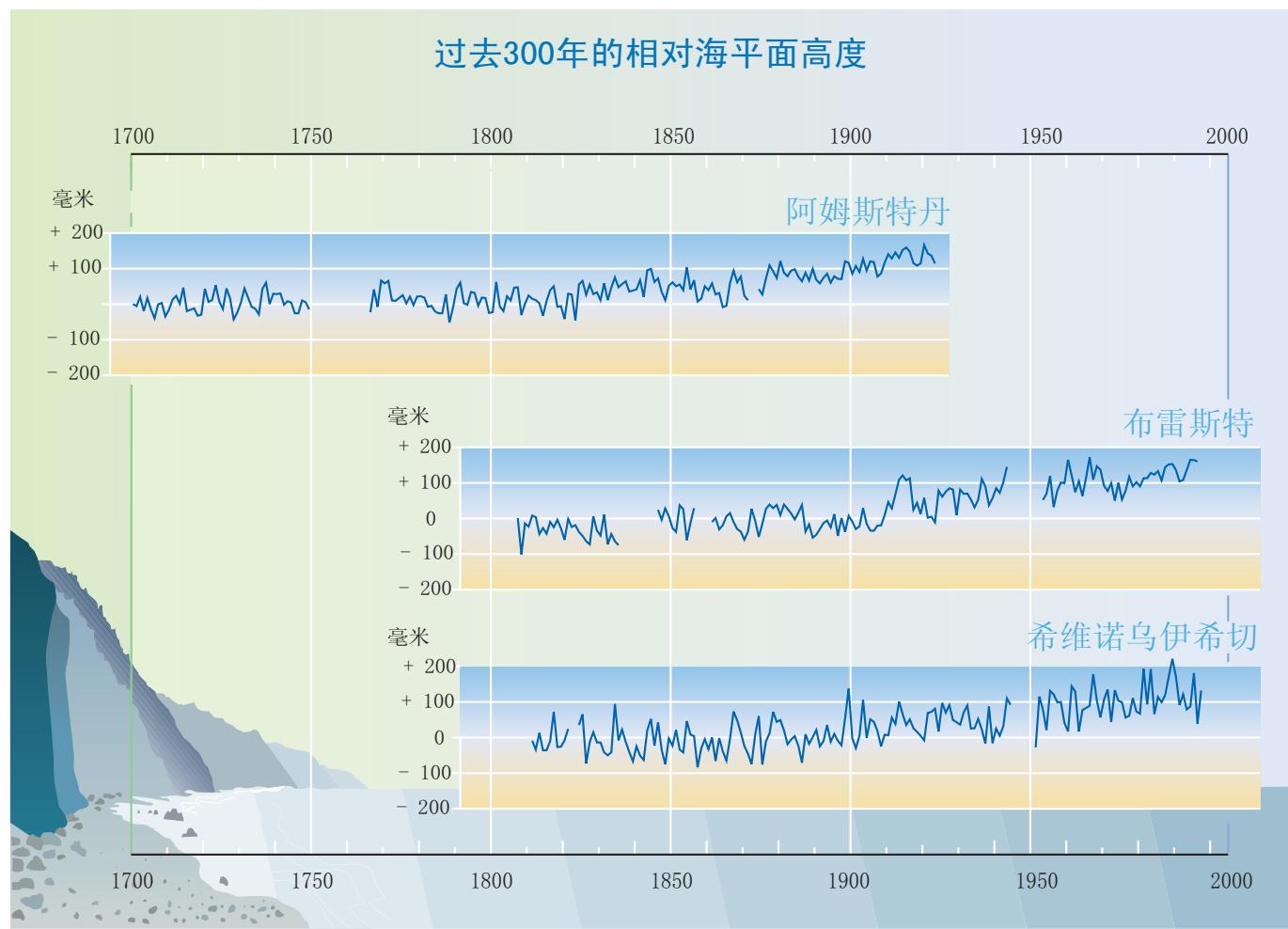


图2-5：欧洲有限站点有近300年的海平面高度的连续记录，表明20世纪海平面上升最快。来自荷兰阿姆斯特丹、法国布勒斯特、波兰希维诺乌伊希切和其它地区的记录证实，与19世纪相比，20世纪海平面加速升高。

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）。

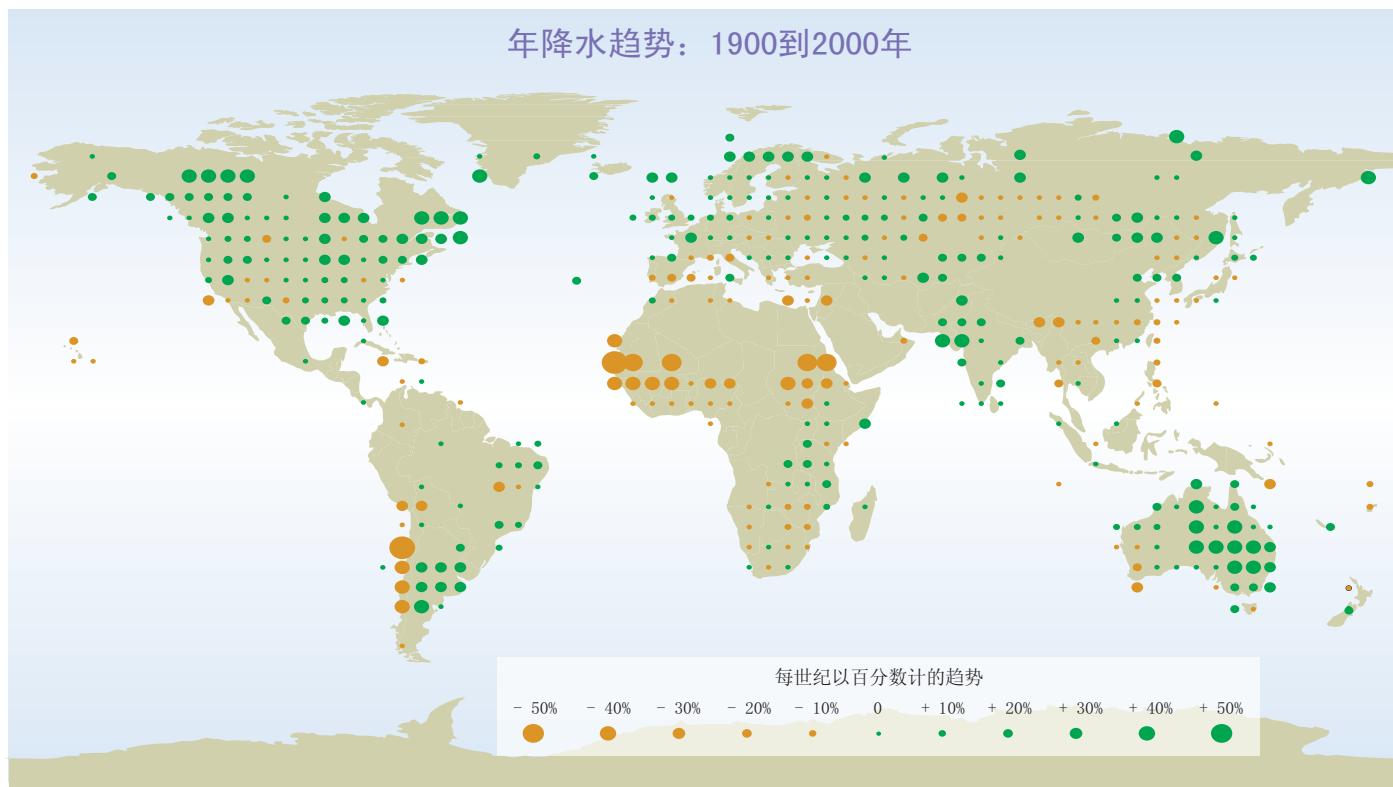


图2-6a：20世纪，除热带地区外平均而言，陆地上降水增加，而在非洲和南美的沙漠地区减少。尽管记录显示所有增加与温度升高和大气湿度增大一致，各个地区之间降水变化趋势差异很大，同时这种趋势仅在一些大陆地区的20世纪才可获得。在这个时期内，经历严重干旱或水涝的陆地地区存在较小的长期趋势，但在许多地区这些变化决定于年代际或多年代际的气候变率，20世纪的趋势不显著。

→ WGI TAR 图2-25

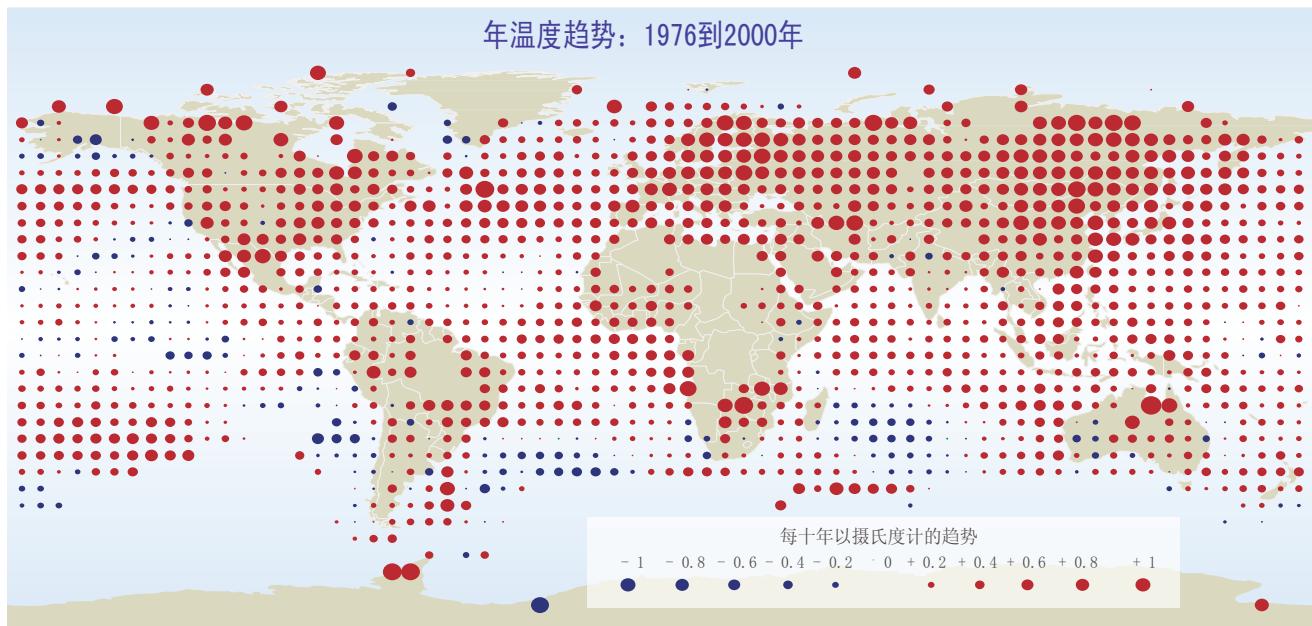


图2-6b: 20世纪的最后25年, 陆地和海洋发生了持续的、大范围的变暖, 温度增加在北美、WGI TAR 图 2-9d

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。

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 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

2.22 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°C时, 许多

→ WGI TAR 第 2.2.2.2 节
& WGII TAR 第 6.4.5 & 17.
2.4.1节

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°C ，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。



WG I TAR 第 2.6.3 节 &
WG II 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。



WG I TAR 第 2.7.3.3 节,
WG II TAR SPM, WG II
TAR 第 4.3.6, 10.2.1.2, 14.
3, & 19.2.2.1 节, & WG II
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）。



WG II TAR SPM & WG II
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。



WG II 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



WG II TAR SPM & WG II
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

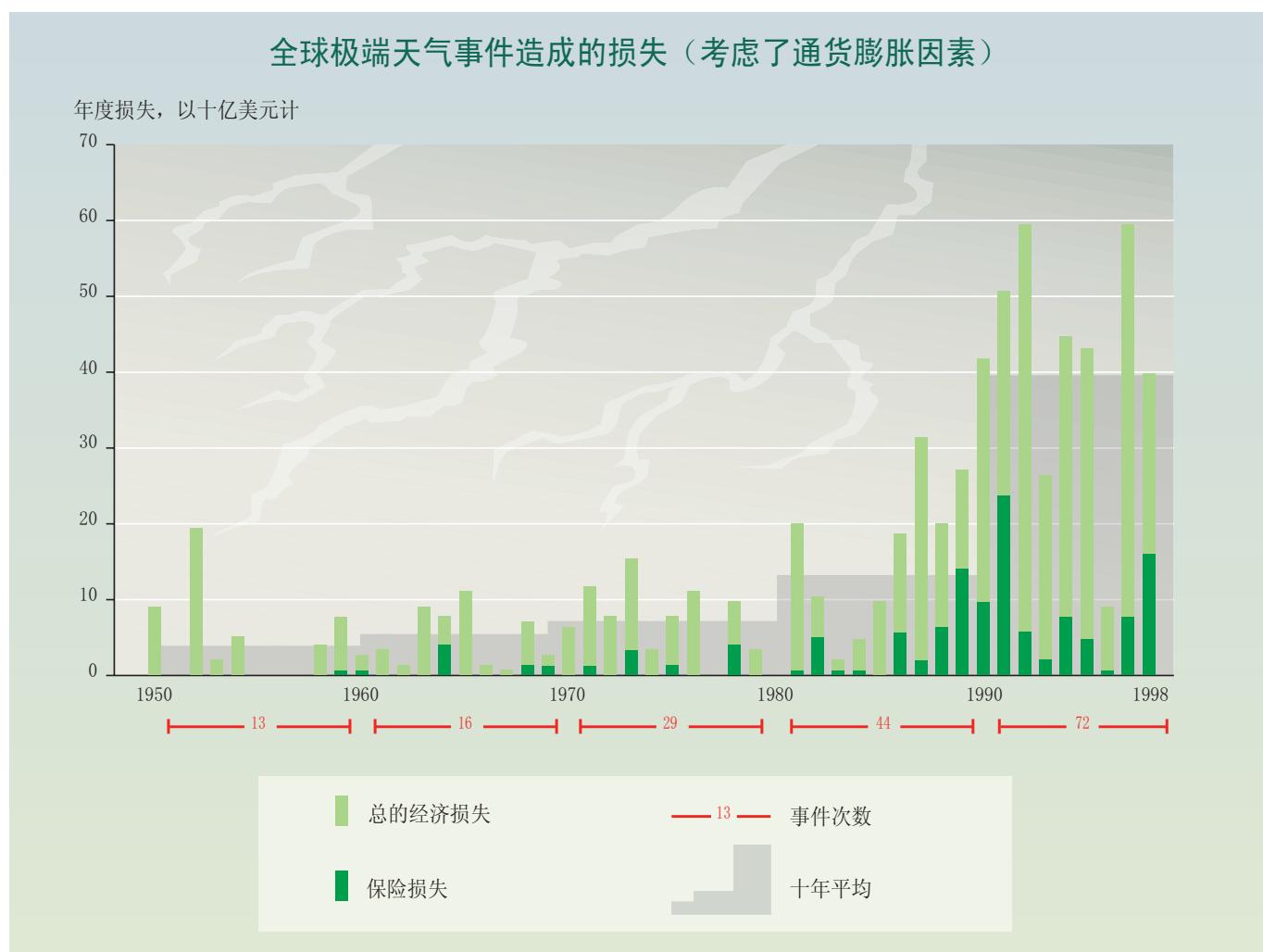


图2-7：从20世纪50年代到90年代，灾害性天气事件造成的全球经济损失升高了10倍（订正了通货膨胀），比用简单的通货膨胀来计算要快得多。到20世纪90年代，这些损失中被保险部分的比例从过去可忽略的水平上升到23%。小的非灾难性天气相关事件（这里不包括）造成的总的损失比较小。在20世纪后半段，与天气相关的损失有一部分被归结于社会经济因素（如人口的增加、增长的财富和脆弱地带的城市化等），但部分也被归结于区域气候因子（如降水变化和洪水事件）。

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 $2\times\text{CO}_2$ ），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。

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一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%）。



3.4 SRES列举的六种情景所预测的2100年主要的非CO₂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）。



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，预测天然气溶胶（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。



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°C（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°C和0.8～2.6°C。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°C。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SO₂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。



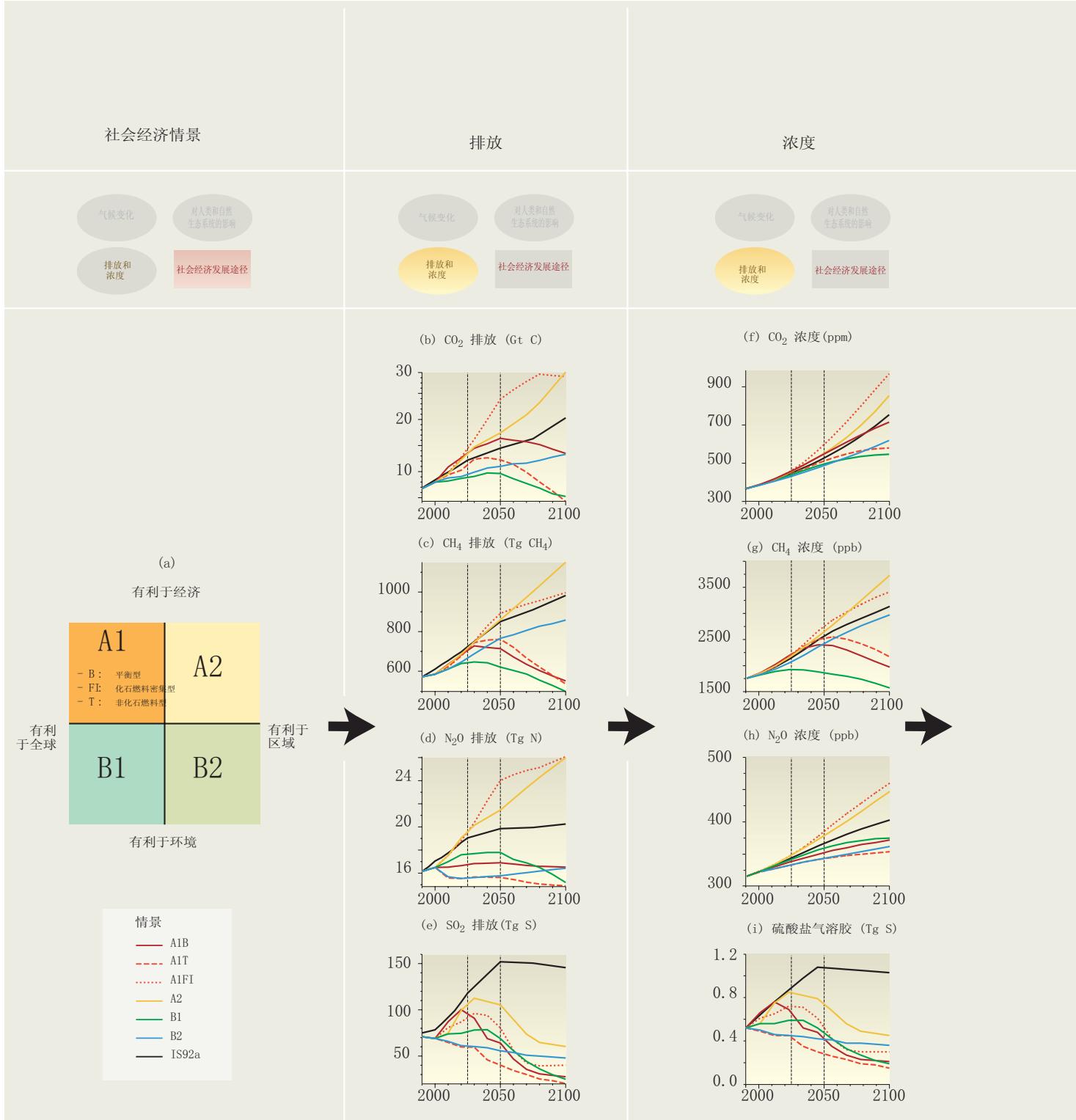
3.7 到2100年，基于同一种排放情景的多种气候模型预测得出的表面温度变化范围与用一个简单模型基于SRES不同排放情景预测得出的温度变化范围基本相符。图3-1表明，SRES情景为最大排放水平时产生的增温值。不确定性增加主要来源于辐射强迫的不确定性。最大的强迫不确定性是硫酸盐气溶胶。



→ **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 CO₂），CO₂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）。



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°C，这与普遍所接受的1.5～4.5°C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°C，变化范围为1.3°C～4.5°C，而SRES中的B2情景的温度平均升高2.2°C，变化范围0.9°C～3.4°C。



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

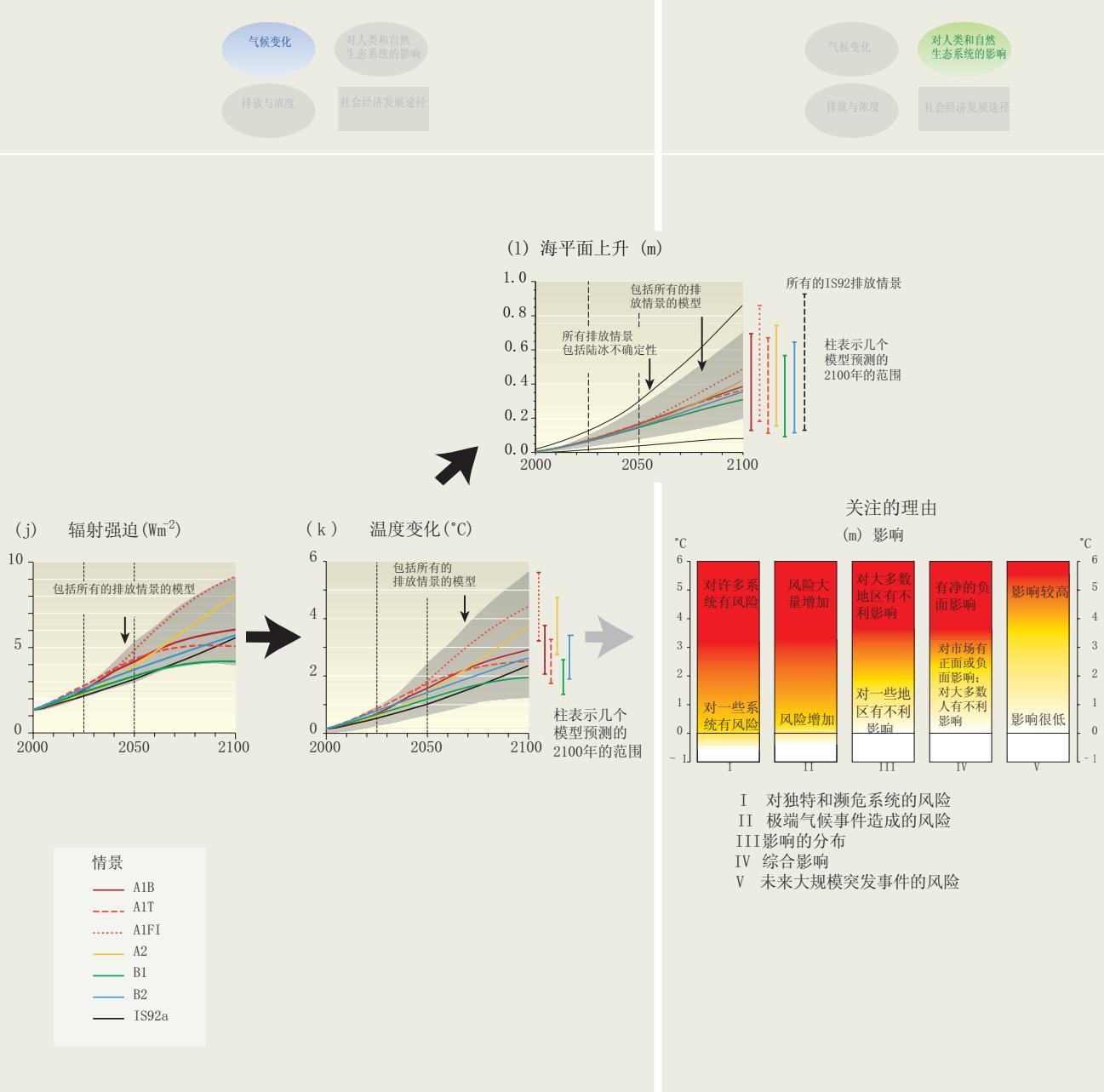
融合增加，能力建设增强，以及文化和社会间增加的交互作用。A1的情景组群可以形成三个组合，它们描述了能源系统中技术变化的可能方向。三个A1组合可以根据它们技术的侧重点不同加以区别：

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



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3-11）。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。

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。

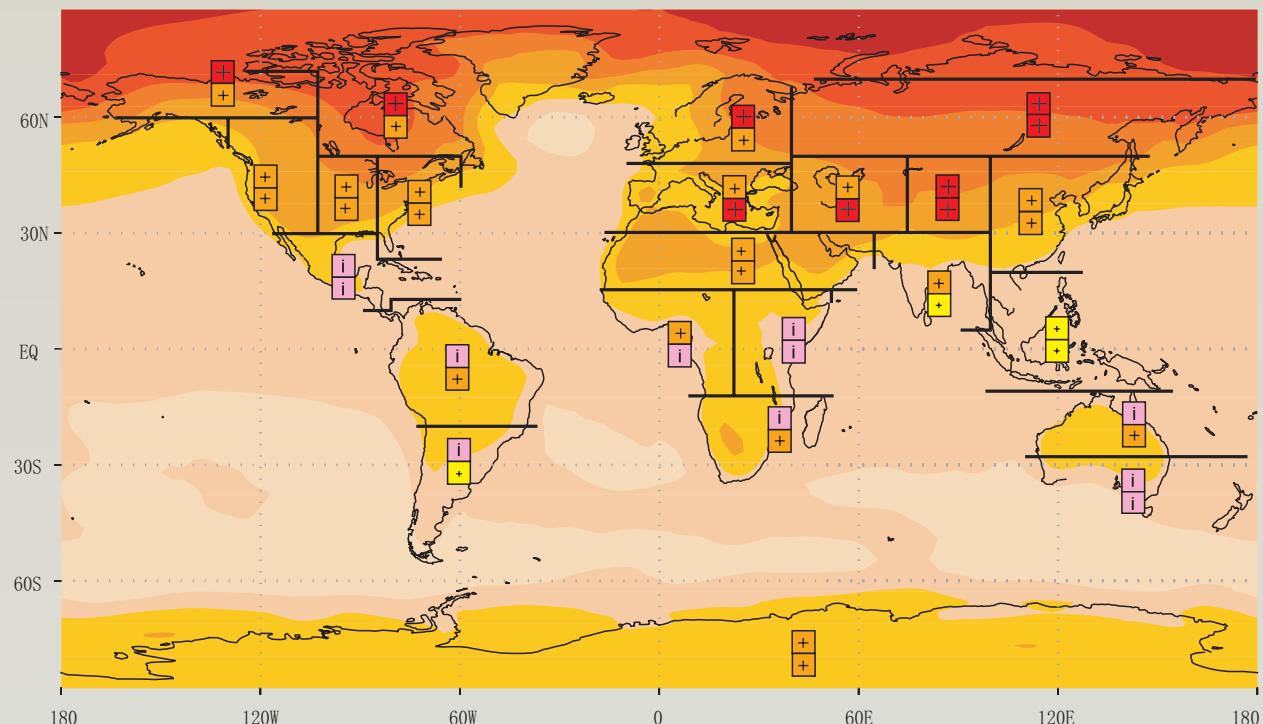

 WGI TAR 第 11.5.4节

→ 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°C以及B2情景的0.9～3.4°C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°C和1.3～4.7°C。

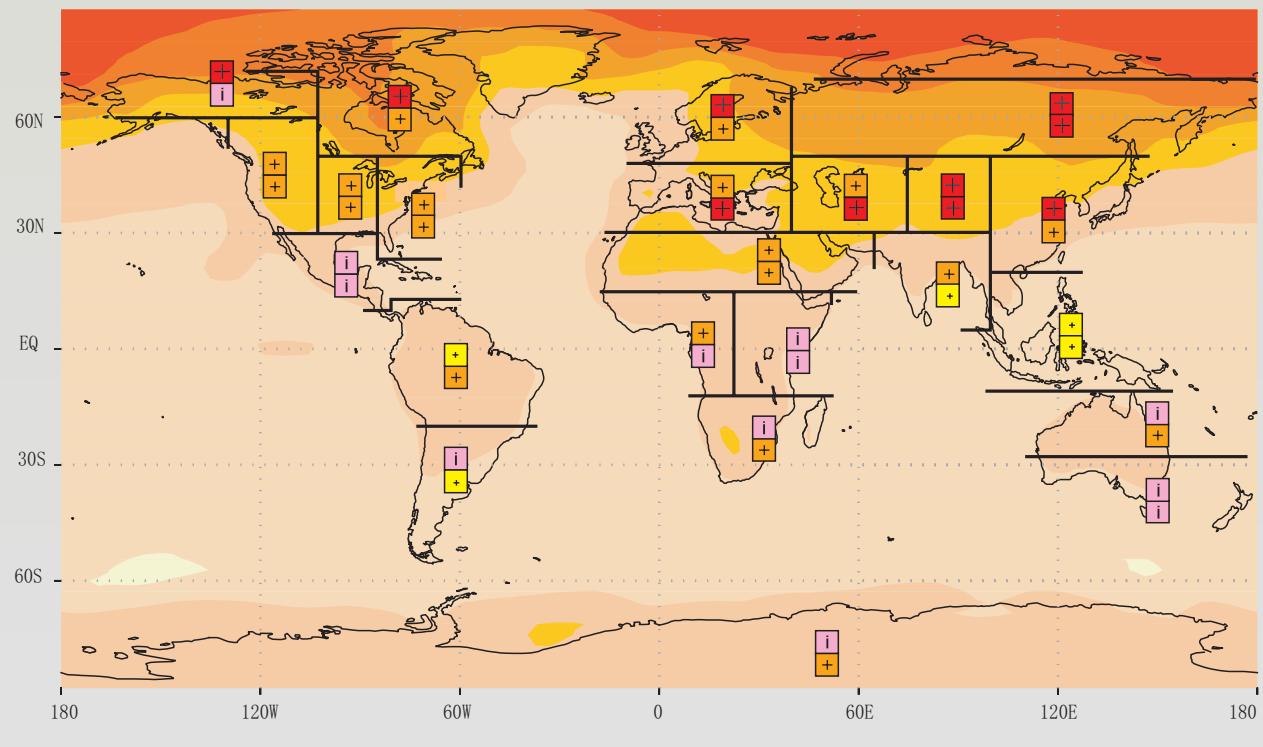

 WGI TAR 图 9.10d & 9.10e, & WGI TAR 框 10.1 (图 1)

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

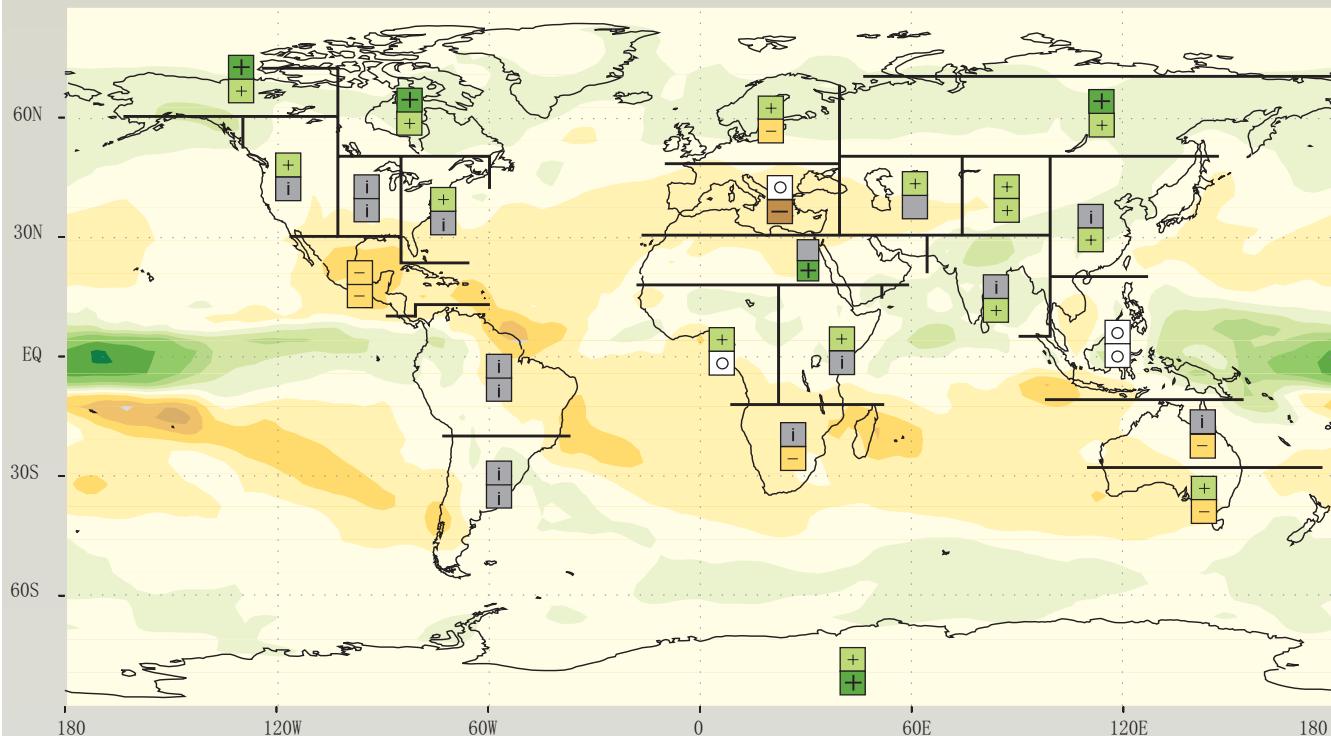
全球平均温度的变化 (°C)

- 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

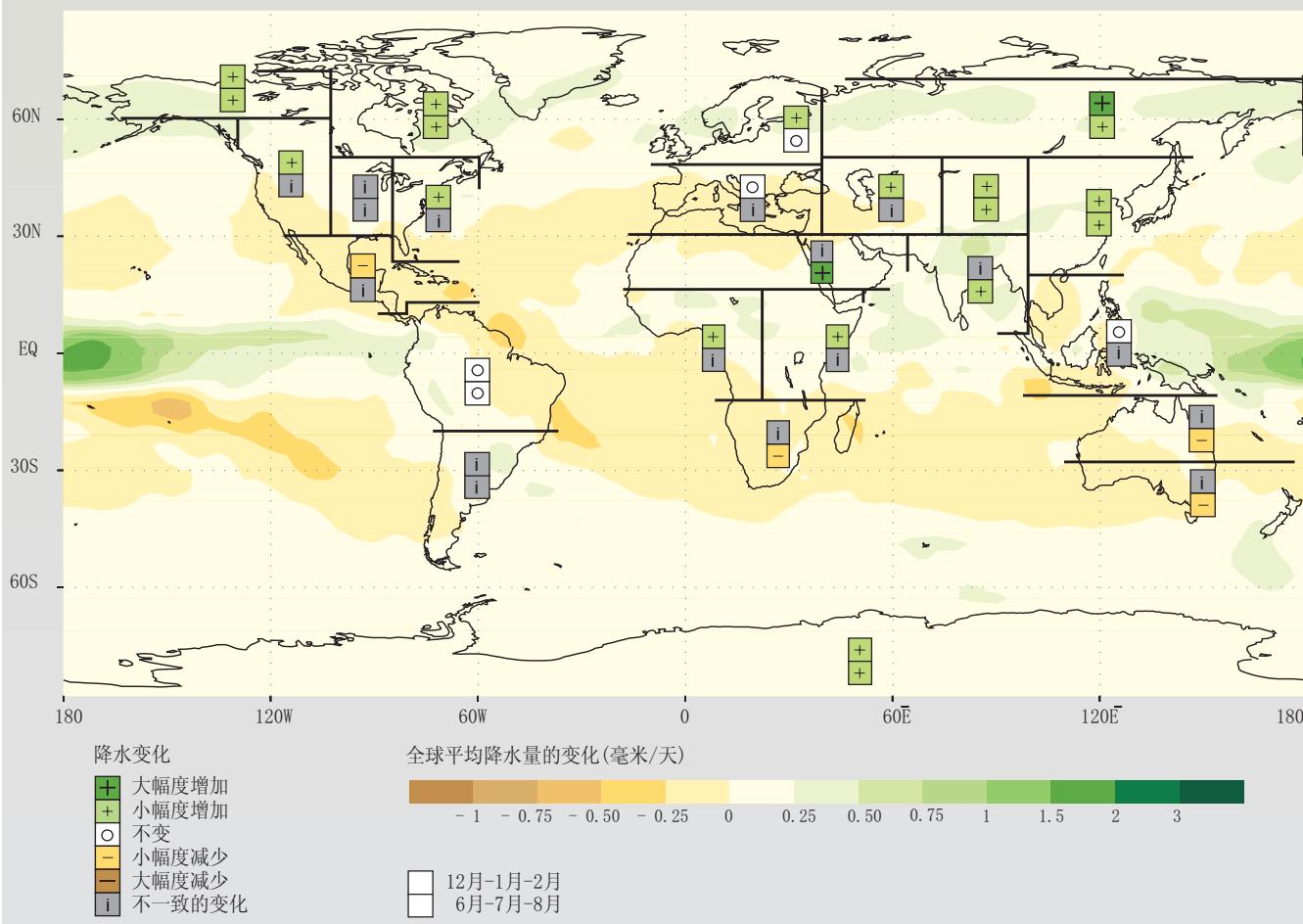
12月-1月-2月
6月-7月-8月

A2和B2情景的降水变化

a) A2 情景



b) B2 情景



← 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。



WG I 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)。



WG II TAR 第 1.2, 19.3,
19.5, & 19.8 节

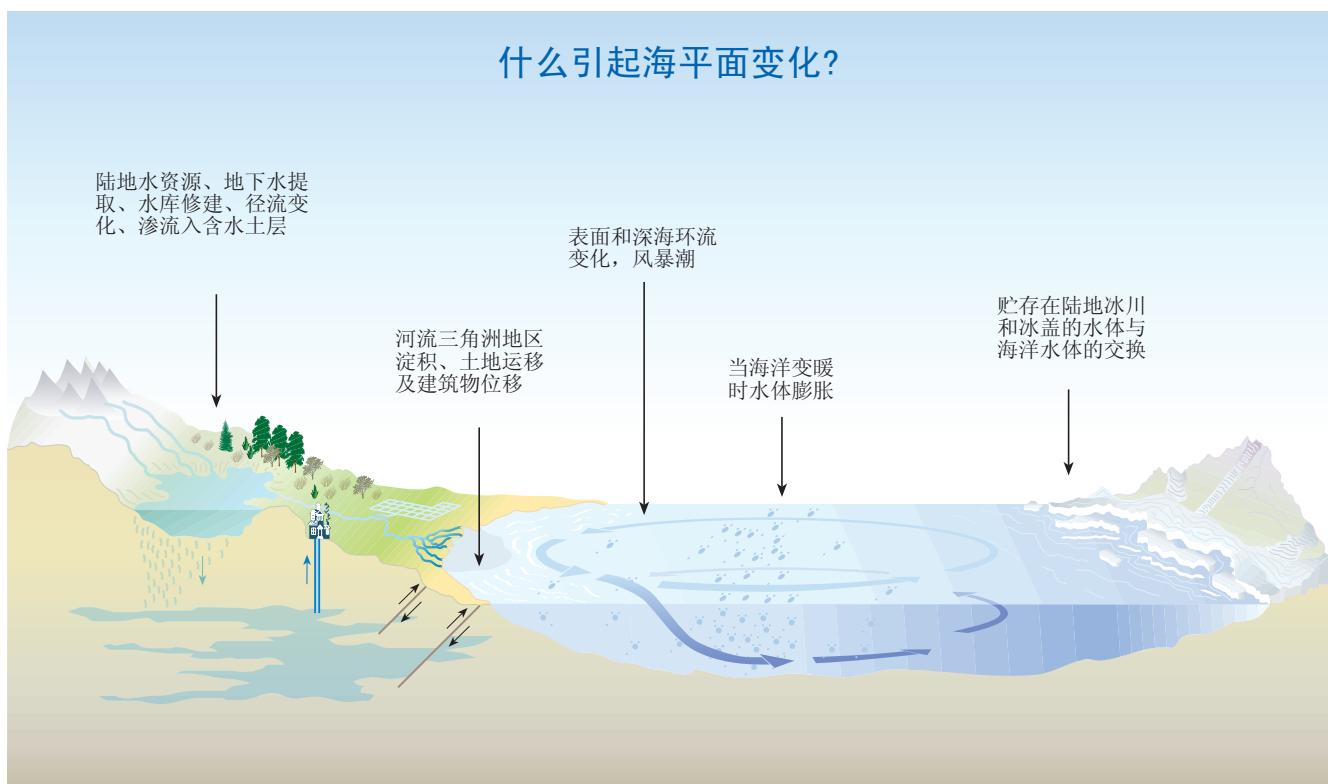


图3-4: 沿海岸线的海平面高度由全球环境中随多种时间尺度变化的多种因素所决定,从几小时(潮汐)到百万年(由于地质构造和沉积引起的海洋盆地的变化)。在几十年到几世纪的时间范围内,一些对平均海平面变化影响最大的因素往往和气候及气候变化过程相联系。



WG I 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。



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。



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、



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，一个案例利用经验和统计的方法。

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CO₂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SO₂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)。CO₂浓度增加将会使大多数植物生态系统的净初级生产力(CO₂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CO₂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。



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]。

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、CO₂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

→ WGI TAR 第 3.2.2节,
WGII TAR 第 5.2, 5.5-6, &
5.9节, & SRLULUCF 第 1.
4节

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

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CO₂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CO₂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）



WGII TAR 第 5.3.4-6, & 9.9 节

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 [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

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源利用效率的提高，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率和强度的影响，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。

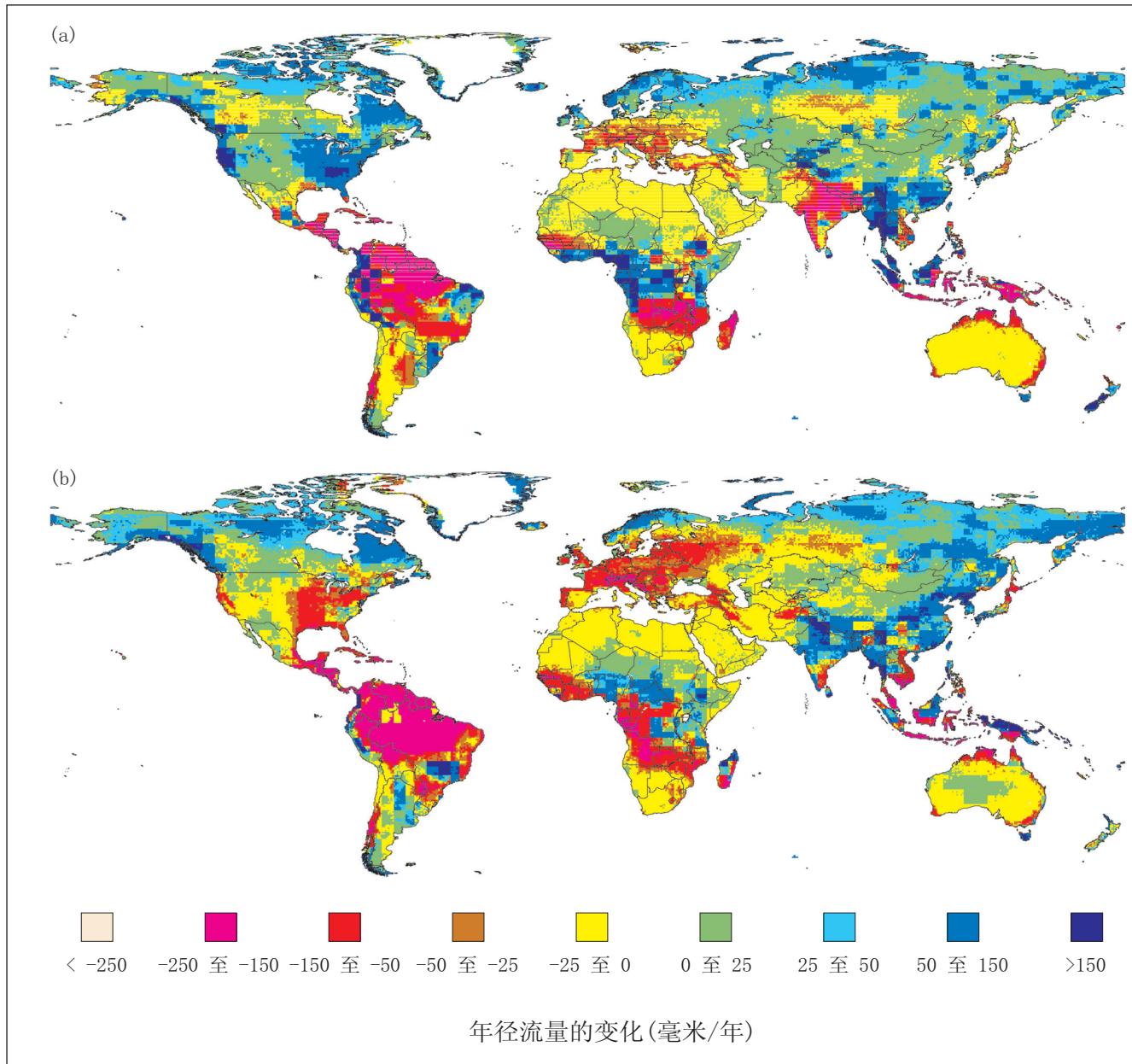


图3-5说明：预测的至2050年平均年水分径流量变化，相对于1961-1990期间的平均径流量，很大程度上与预测降水量变化相对应。径流量变化用水文学模型计算，输入的气候预测来自两个版本的Hadley中心AOGCM，情景为大气有效CO₂浓度每年增加1%。这两个模型为：(a) HadCM2平均和(b)HadCM3。预测径流增加的有高纬度和东南亚，预测径流减少的有中亚，以及地中海周围地区、南部非洲、澳大利亚这些横跨Hadley中心的实验，与其他AOGCM实验预测的降水量具有广泛的一致性。对于世界的其他区域，降水量和径流量的变化取决于情景和模型。



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

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。



WGII TAR 第6.5.1, 7.2.2,
& 17.2.2节

总的市场影响

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



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

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。^a

	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年始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。

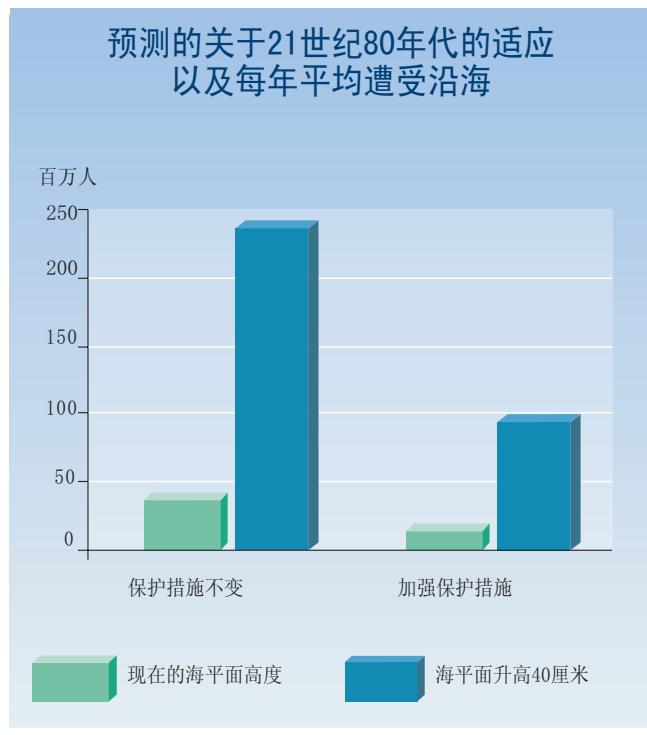
部门/系统	适应性措施
水 [WGII TAR 第 4.6 & 7.5.4 节; WGII SAR 第 10.6.4 & 11.4 节]	针对“需求方”进行管理，使水利用效率增加（如价格激励、调节、技术标准）。 针对“供给方”进行管理，使水供应或水供应的可靠性增加（如建筑新的贮水或分流设施）。 改变体制和法律构架，使水在用户之间易于转移（如建立水市场）。 减少河流中的养分载荷，保护/增加河床两侧的植被，以抵消因高水温而造成的富营养化。 改革洪水管理计划以削减下游的洪峰。 减少地表面不透水铺设物和利用植被来减少暴雨径流，以增加水分入渗。 重新评估堤坝、防洪堤以及其他防洪设施的设计标准。
食物和纤维 [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。 在保险与当地供应链受破坏时，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困人口是不均衡的，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。



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资，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。



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。



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. 譬如热浪、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内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。

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）。

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。

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9.3.5-6节，&
WGII TAR 第14.1.3节



WGI TAR 第1.2 & 2.7节



WGI TAR 第9.3.6 &
10.3.2节，& WGII TAR 第5.
3, 9.4.2, & 19.5节



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

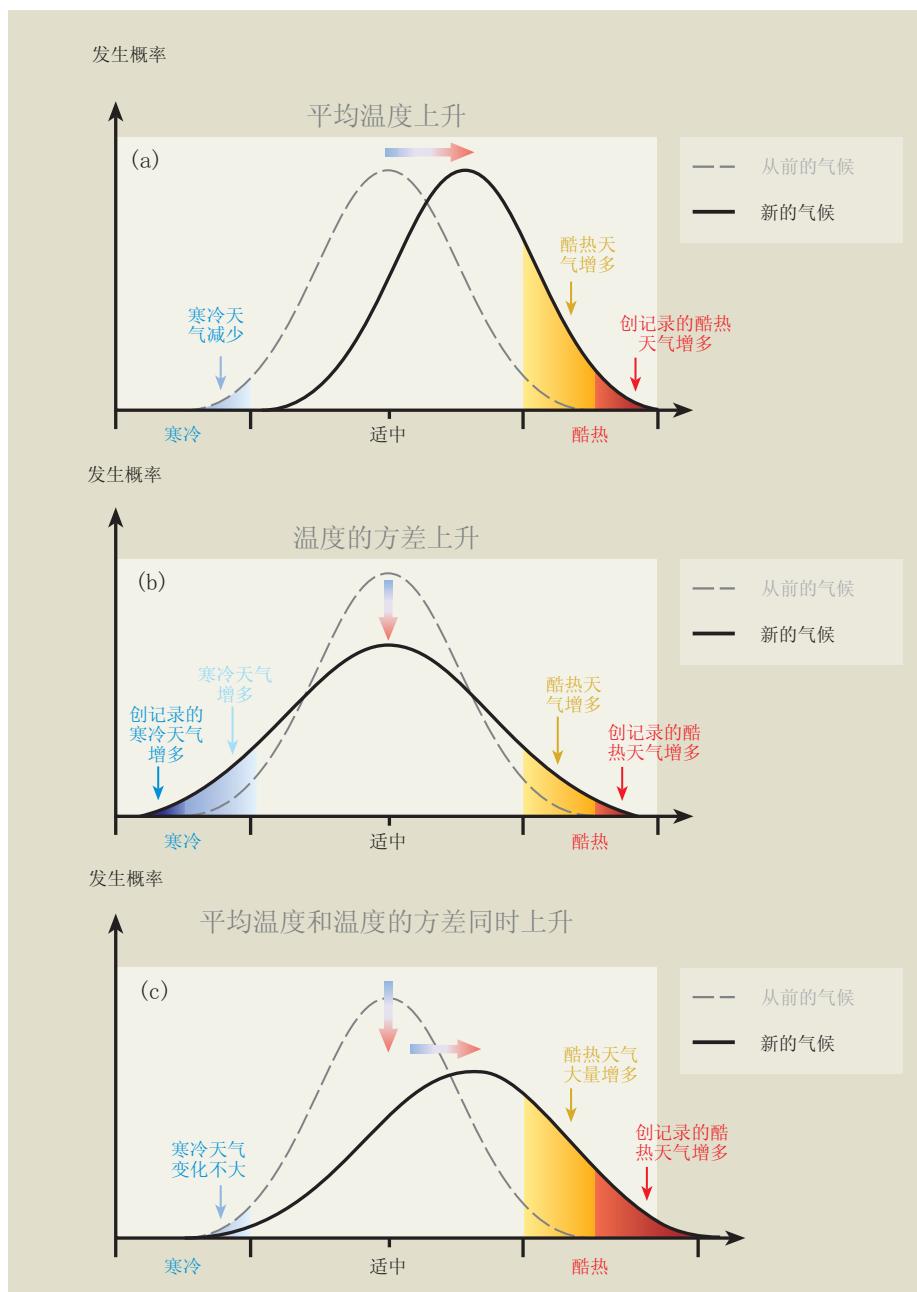


图4-1：对极端温度的影响作用示意图 (a) 平均温度升高引起更多创记录的酷热天气；(b) 方差增大引发更多创记录的酷热天气；(c) 平均温度升高且方差增大导致更多创记录的酷热天气。

→ WGI TAR 图 2.32

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%，同时降水量可能增加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。

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 7.3, 9.3.4, &
11.5.4节; WGII TAR 第 5.2
& 5.8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



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

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。

- 4.12 来源于无论是大气中化学汇的减少还是埋藏的 CH_4 沉积物的释放，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

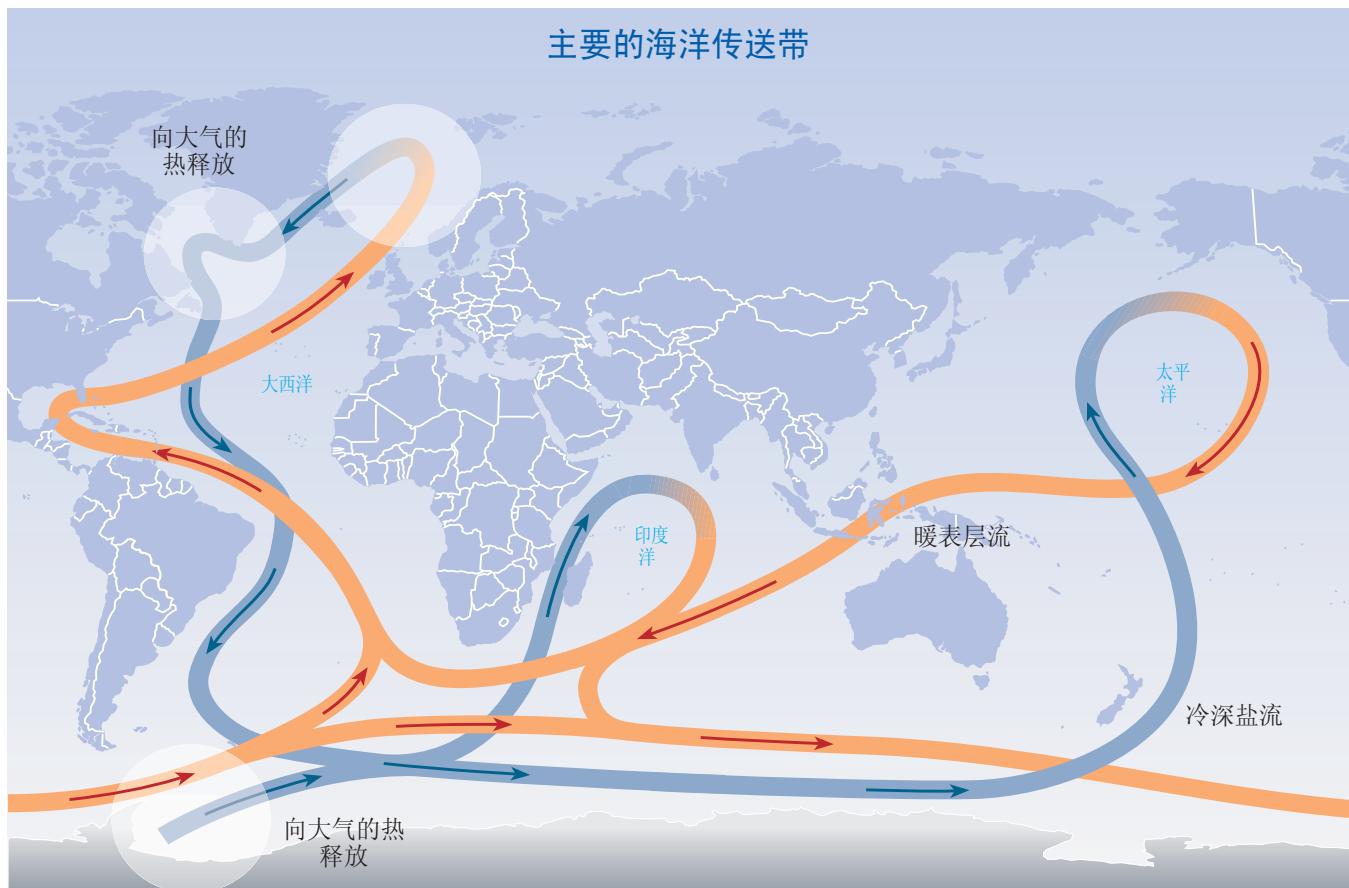


图4-2：世界海洋中的全球环流系统示意图。全球环流系统由各大海盆中主要的南-北温盐环流路径与大西洋的绕极环流汇合而构成。暖的表层流和冷的深层流在大西洋和环南极洲（蓝色）的一些高纬深水区相连接，正是在这些地区出现海洋和大气间的主要热交换。该洋流系统对热传输及其再分布起到了实质性的作用（如北大西洋中的向极流使得西北欧洲变暖高达10°C）。模式模拟指出，该环流系统的北大西洋分支对于大气温度和水循环的变化特别脆弱。由全球变暖带来的这些不稳定性，可以破坏这个对区域-半球气候具有强烈影响的环流系统。注意这是一个示意图，它并不能指示来自部分THC的水流的确切位置。

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长达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。

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、更复杂的物种和增高的生物绝种的风险性（见问题3）。



WGII TAR 第 5.2, 6.4.5, &
17.2.4节

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：

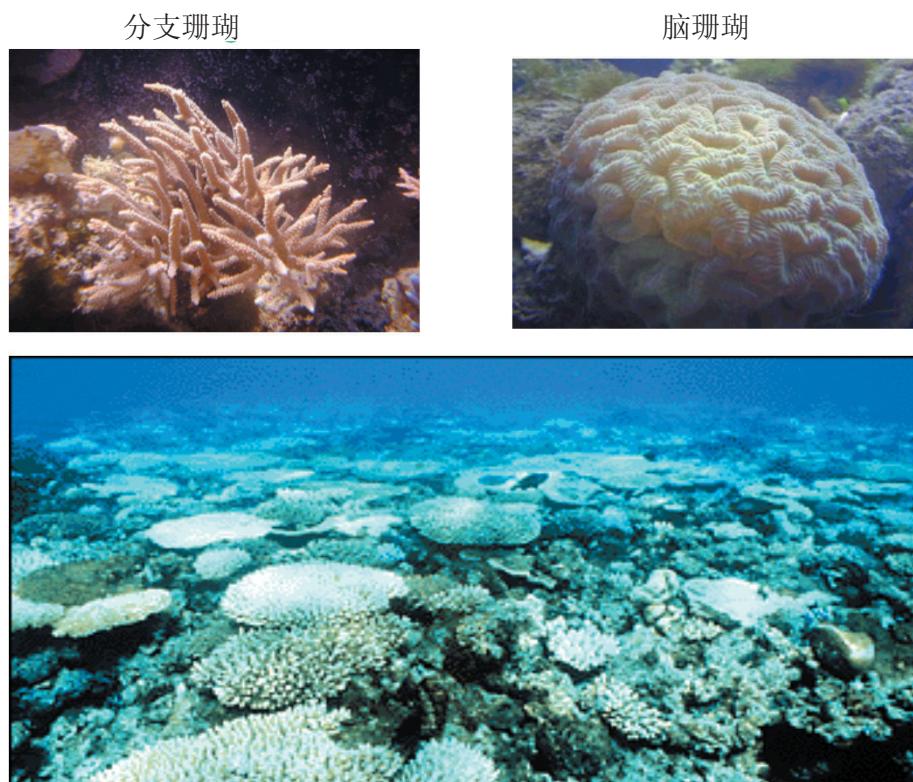


图4-3：珊瑚多样性受影响之情形：当海表温度升高时珊瑚因严重受到影响而出现分支珊瑚（如滞角质珊瑚）减少或局地绝迹时，以及在主要珊瑚（如脑珊瑚）增多时。



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°C 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（ $>35^{\circ}\text{C}$ ）；小麦灌浆终止（当温度 $>30^{\circ}\text{C}$ 超过8小时）；土豆的块茎形成及生长受阻（ $>20^{\circ}\text{C}$ ）。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。
 - 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。
- 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 SAR 第 13.2.2 & 13.6.2 节

WGII TAR 第 5.3, 10.2.2, 15.2, & 17.2 节

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

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5

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。

地球系统中的特征时间尺度

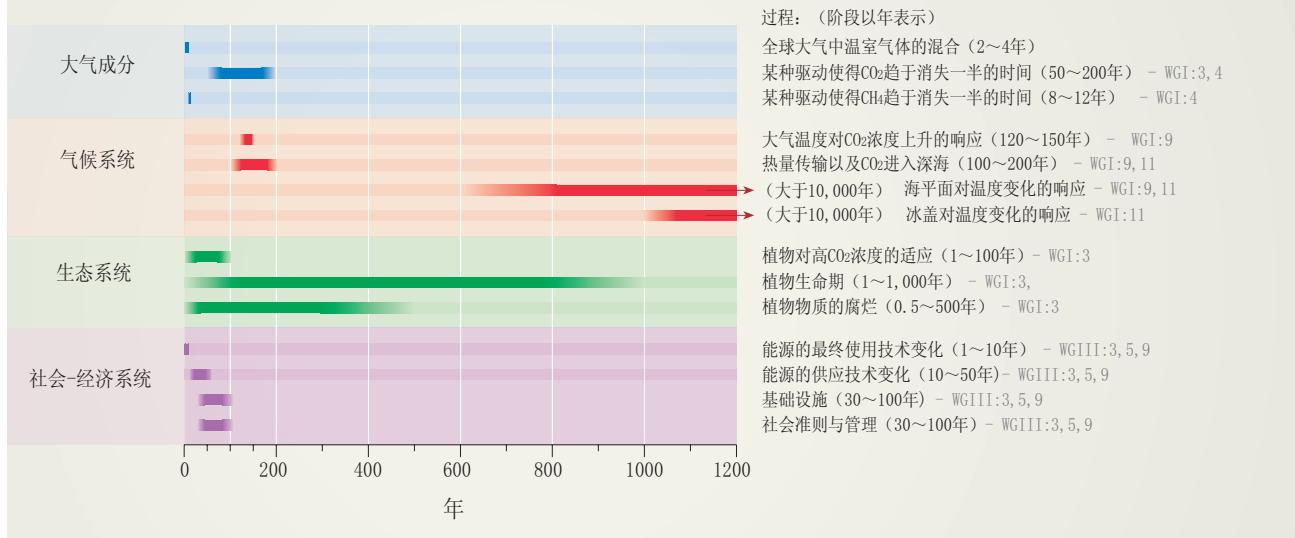


图5-1：地球系统中一些关键过程的特征时间尺度：大气成分（蓝色）、气候系统（红色）、生态系统（绿色）和社会-经济系统（紫色）。这里定义的“时间尺度”指的是对要表述过程的某一驱动力所引起的至少一半某种变化结果所需的时间。当响应过程（例如一些植物的寿命）比驱动过程（温度的变化）慢很多时，就会出现适应的问题。因为某一代人活动的大部分后果要由后代人来承担，对时间尺度大于一代人时间的所有过程，就会出现代际间的公平问题。

→ 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年以来人类活动导致CO₂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CO₂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（CH₄）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。

- 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。

- 5.5 大气CO₂的稳定目标越低，降低CO₂排放来满足其目标的时间就需要越早。如果

WGI TAR p/7.3, 7.5, & 11.
5.4节, & WGI TAR 图 9.1,
9.24, & 11.16

WGI TAR 第 3.2.3.2, 3.7.3,
& 9.3.3.1节

在CO₂减排后较长时间，其浓度、大气温度和海平面将继续上升

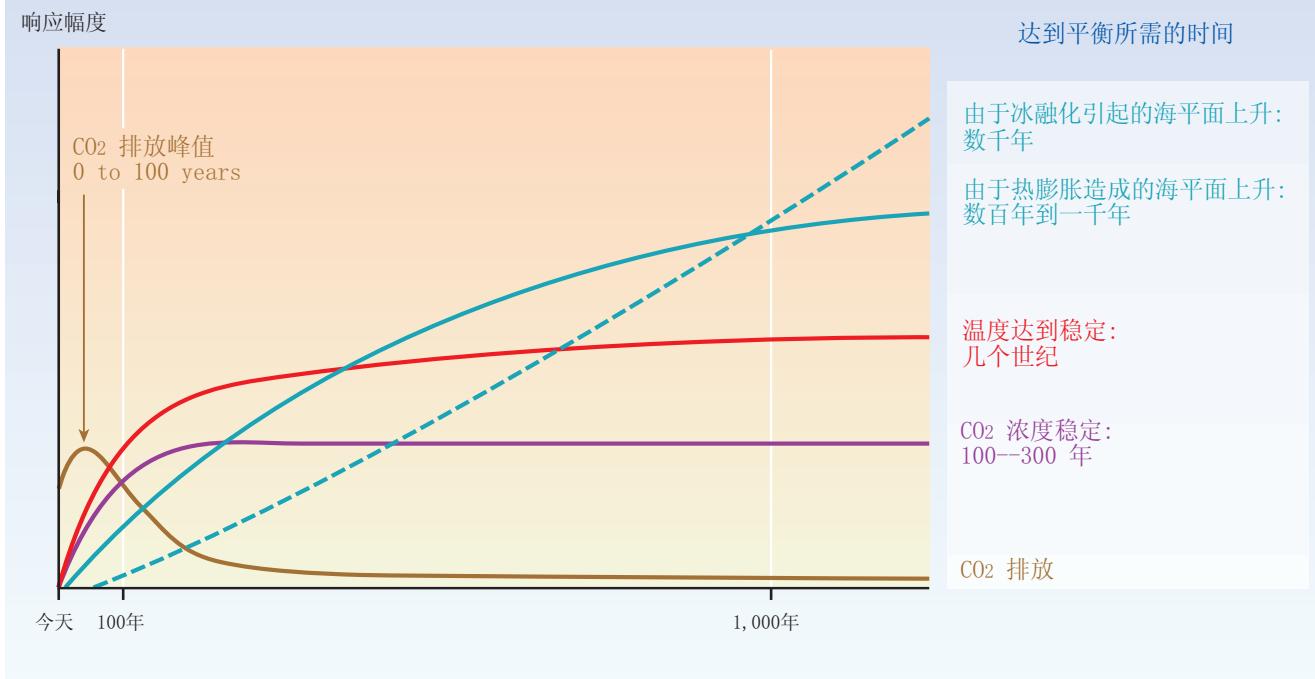


图5-2：在CO₂减排及大气浓度稳定后，近地表气温还将在一百多年时间里继续以每百年升高零点几度的速度增加。在实现CO₂排减后，海洋的热膨胀将持续很长一段时间，冰原的融化在几百年内将继续对海平面上升产生影响。该图只是对稳定在450-1000ppm间的任一水平的一般性描述，因此在响应幅度坐标轴上没有标注单位。在这个范围内对稳定轨迹的响应表明非常相似的时间进程，然而在高CO₂浓度下，其影响却很大。

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CO₂浓度将继续上升（见图5-3）。

- CO₂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。
- CO₂浓度稳定在450ppm、650ppm或1000ppm将要求全球人为排放的CO₂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CO₂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。海洋有足够的吸收能力来吸收可预计的人类活动释放到大气中的CO₂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CO₂。

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CO₂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）。

5.7 尽管增暖减少了海洋对CO₂的吸收，但是预计在大气CO₂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 3.2.2 & 3.7.1-2 节, & WGI TAR 图 3.10

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

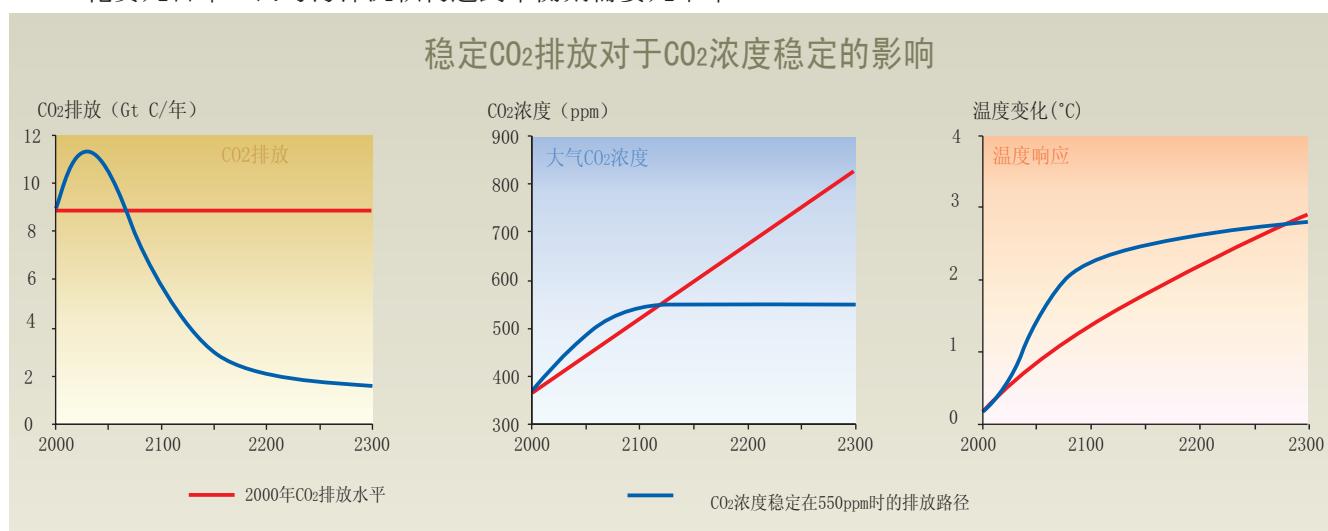


图5-3：将CO₂排放稳定在现有水平时，会引起大气CO₂浓度和温度持续升高。大气CO₂浓度和温度变化的稳定最终要求排放降低到目前水平之下。在所有3组线中，红线表示的是将排放稳定在WRE550情景所限定的2000年排放水平上的结果（比2000年的实际排放稍高一些），蓝线是WRE550稳定情景下的排放结果。两种个例只表明：在短期内全球的稳定排放是无法达到的，没有表明WRE550会是比其他情景更好的选择。其他的稳定情景见图6-1。图5-3是构建在《第三次评估报告》第一工作组部分第3和第9章描述的模式上。

→ WGI TAR 第 3.7 & 9.3 节

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 第 5.2 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

WGII TAR SPM 2.7, WGII
TAR 第 4.6.4, 18.2-4, & 18.
8 节, & WGIII TAR 第 10.4.
2 节

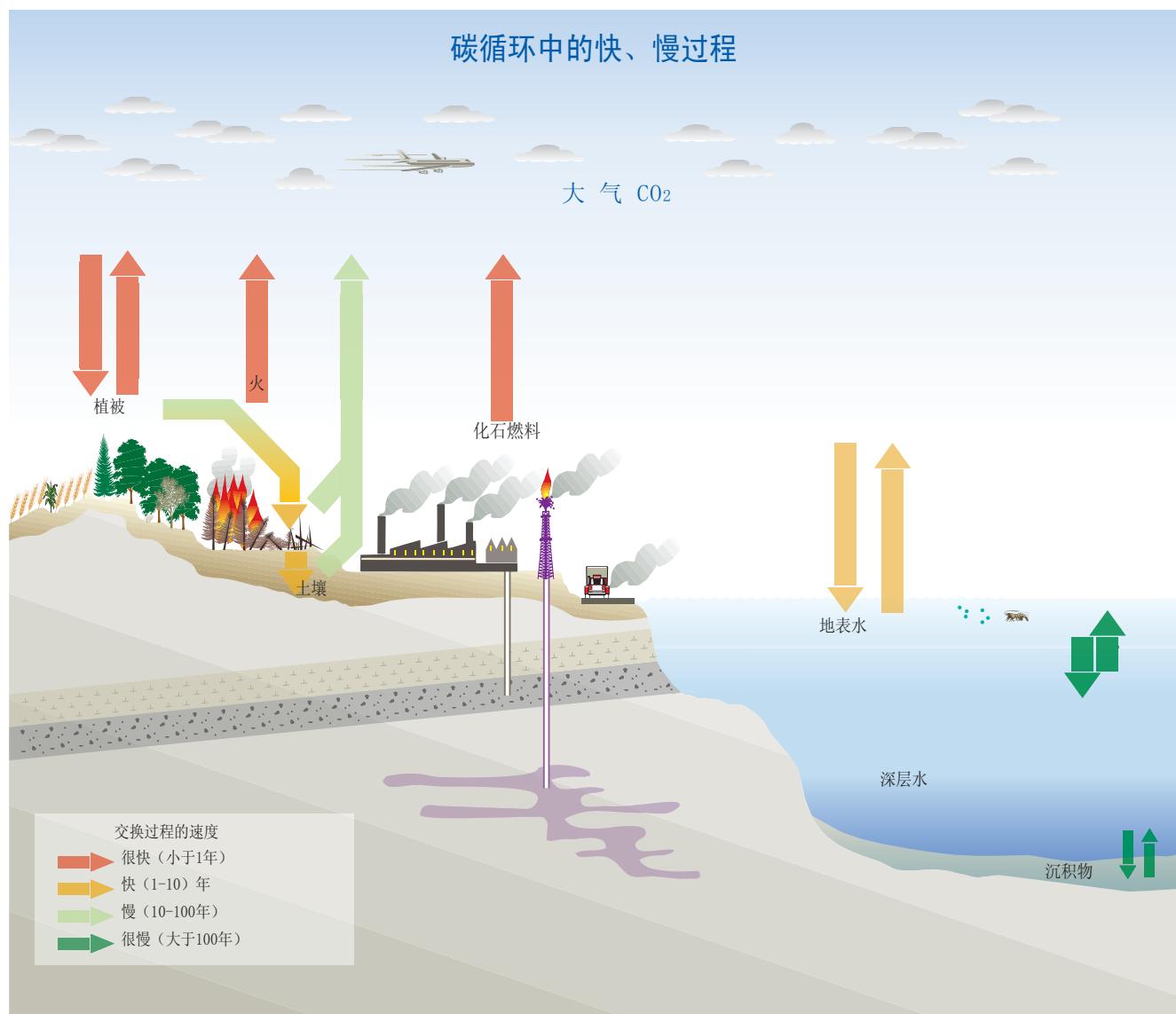
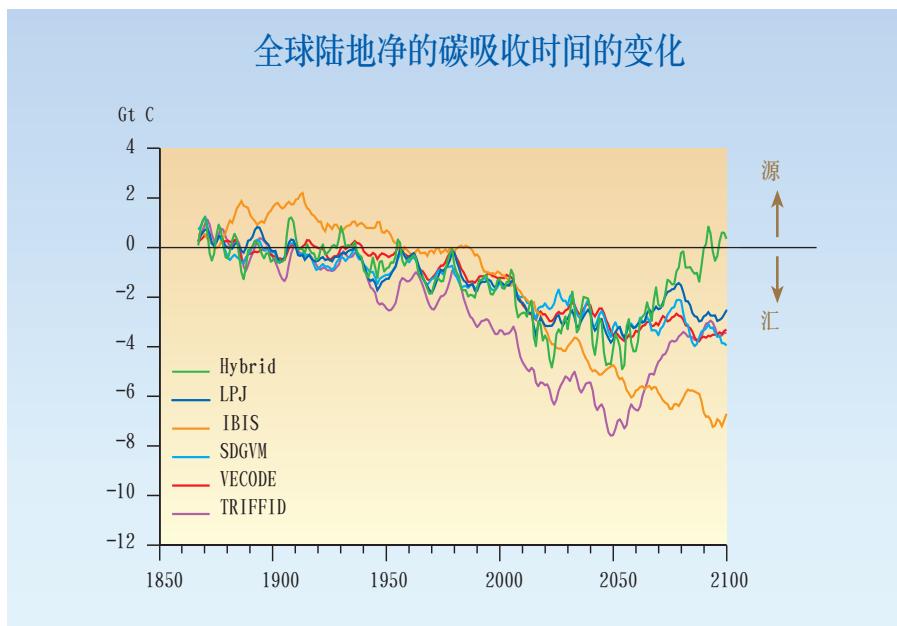


图5-4：全球碳循环中主要过程的时间尺度范围引起在大气CO₂浓度相对1750年平衡水平上继续升高的情况下大气CO₂扰动的不同响应时间范围，并对间歇汇的发展产生影响。



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CO₂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、CO₂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CO₂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。



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CO₂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CO₂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CO₂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。



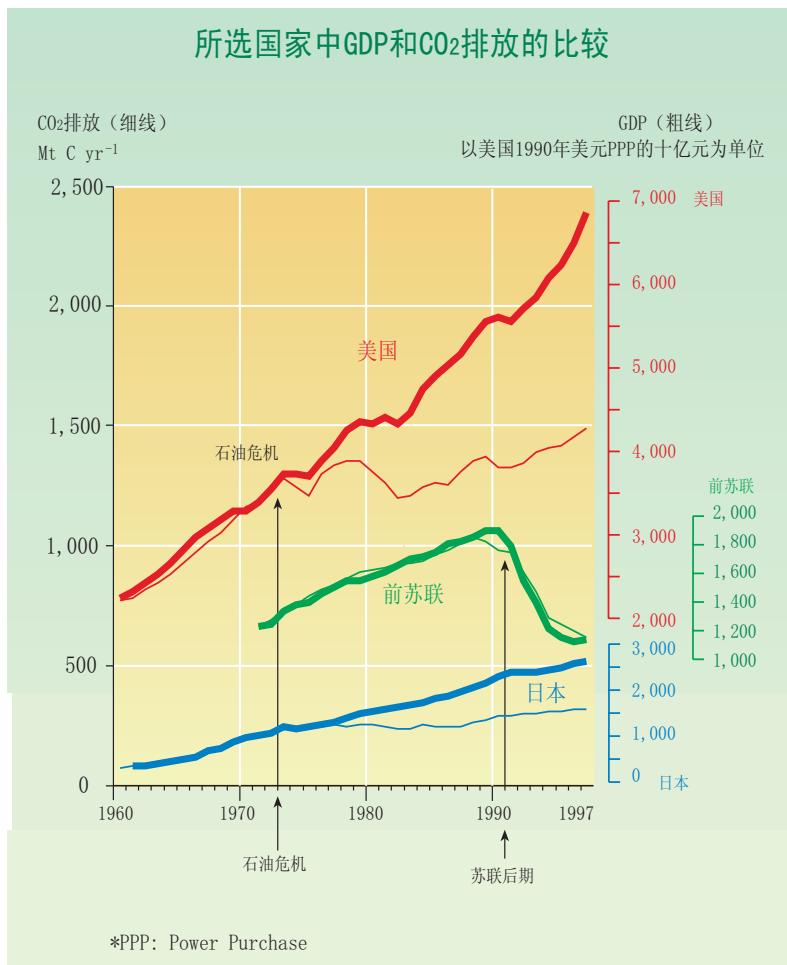
5.14 某些气候、生态和社会-经济系统的变化是很多代人不能有效逆转，另外一些则是根本不可逆转的。

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。目前已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。



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





WGIII TAR 表 3.1 & WGII SAR 图 20-1

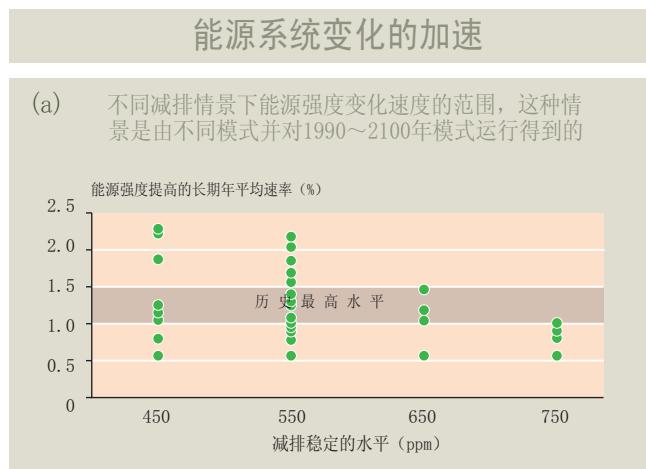
图5-6：能源系统对经济变化的响应，分别用CO₂排放（以碳表示）和GDP（以同等购买力术语表示）来说明。如果这种改变很剧烈，那就几乎没有惯性。石油危机时，在一个极短的时间里能源价格急剧上扬，导致大多数的发达国家，如日本和美国，先前关系密切的碳排放和GDP的快速且持续分离。在前苏联的解体中，这两个指标相关很好，使得排放的减少与GDP的减少趋势基本吻合。

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CO₂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CO₂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。



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。



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CO₂、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。

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CO₂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CO₂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度和程度。

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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂排放的速率为1%的分析结果表明，减排量越少，大气中CO₂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。



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CO₂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CO₂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CO₂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。



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CO₂浓度稳定在不同水平，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CO₂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



⁶ 在这些分析中，假设发达国家的CH₄、N₂O和SO₂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CO₂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 CO₂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。

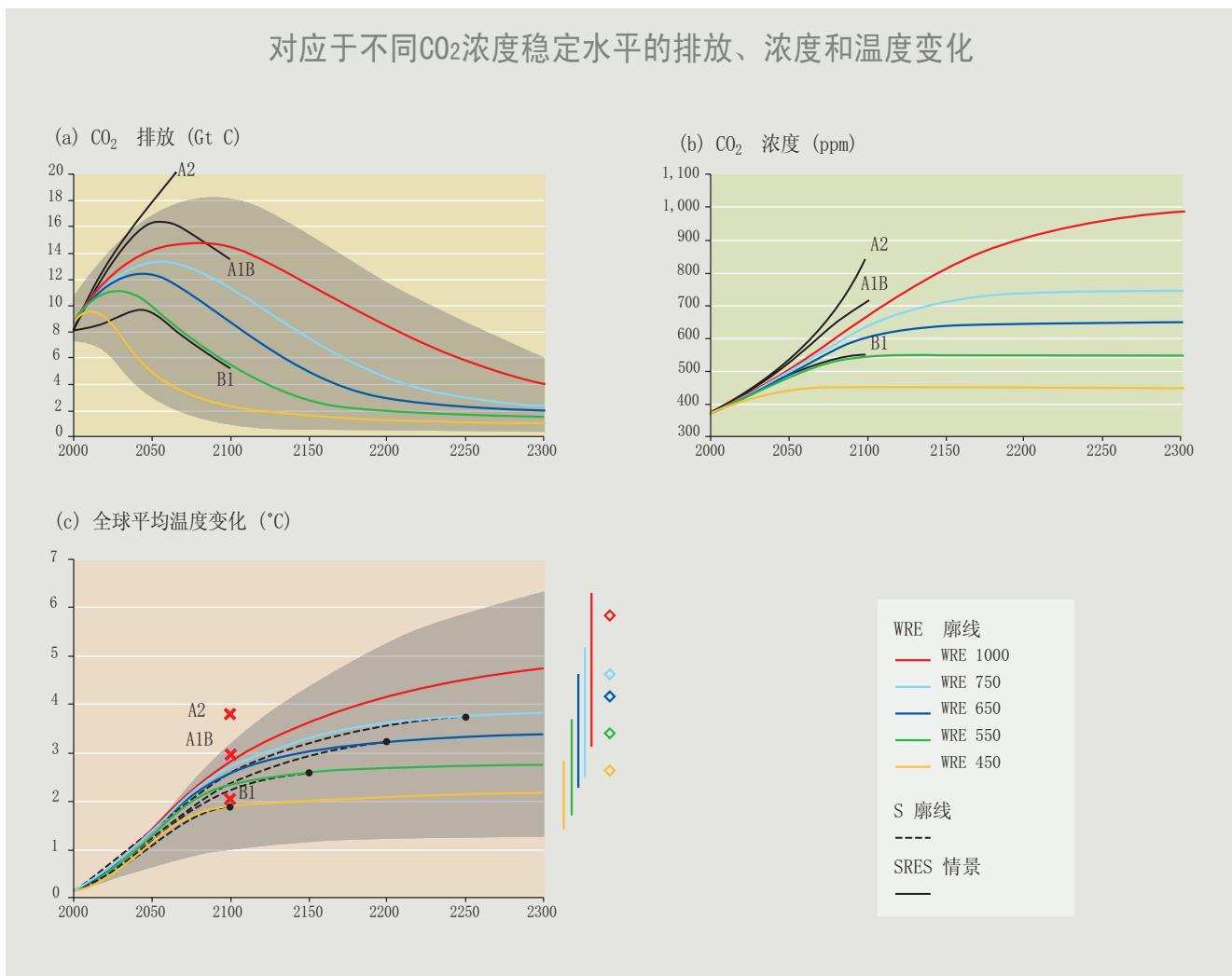


图6-1：稳定大气中CO₂浓度可能要求大量减少排放，使其低于目前的排放水平，这可能会放慢增温速率。
→ WGI TAR 第3.7.3 & 9.3.3节，及IPCC TP3

- CO₂排放。**利用碳循环预测了WRE情景将大气中CO₂浓度稳定在450, 550, 650, 750和1000ppm的CO₂排放随时间变化曲线。稳定的CO₂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CO₂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CO₂排放进行了比较。
- CO₂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CO₂浓度进行了比较。
- 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CO₂浓度增加速度的降低而降低，当CO₂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CO₂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CO₂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 (Gt C yr ⁻¹)		累计 CO ₂ 排放量 2001–2100 (Gt C)	排放年份		大气中的浓度 (ppm)		浓度稳定 年份
		2050	2100		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 蓝色文字=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。

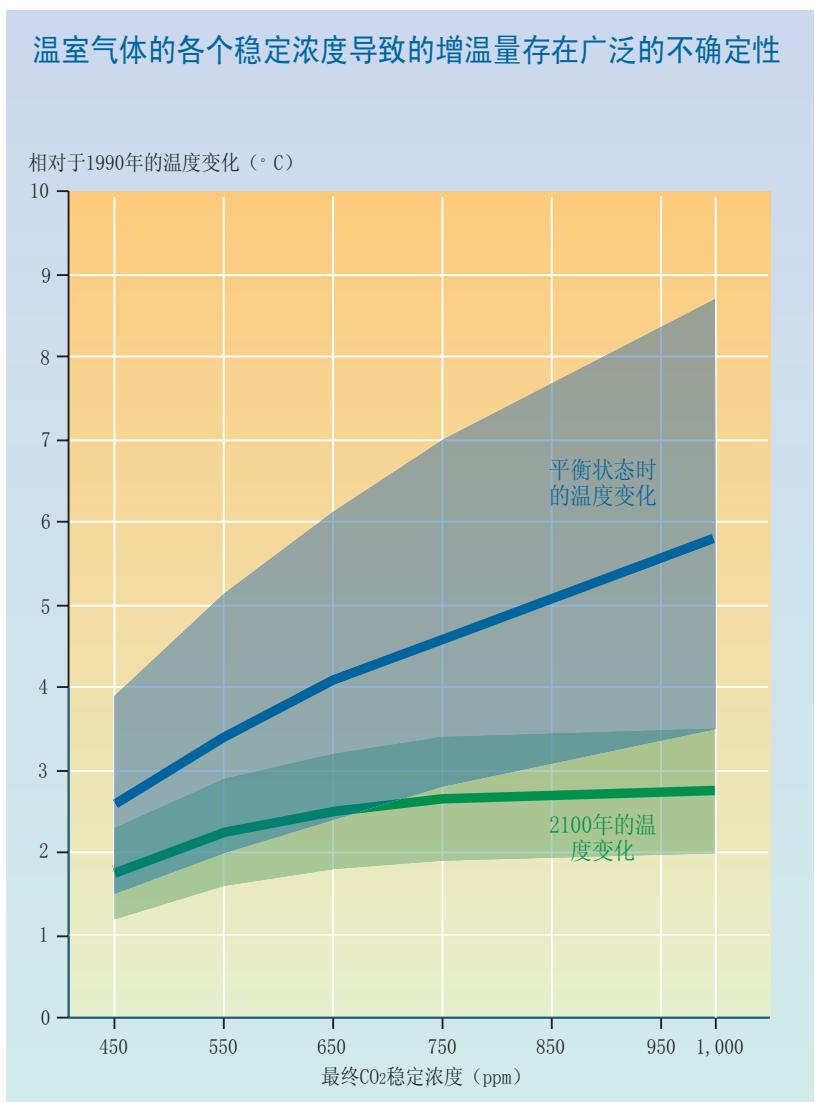
^b 1990年的排放量为7.8Gt C，这数值的不确定性主要是由于土地利用变化排放量的不确定而致，假设八十年代的年平均值为1.7 Gt C。

化，假设在2100年之前非CO₂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CO₂浓度稳定水平，不同的非CO₂温室气体排放情景所估算的增温幅度是不同的。

6.6 根据图6-1所示情景并假设在2100年之前非CO₂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CO₂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CO₂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CO₂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CO₂浓度将会继续增加。由于海洋巨大的惯性（见问题5），甚至CO₂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°C⁸。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CO₂浓度水平也依赖于非CO₂温室气体的浓度水平。利用综合气候模式分析稳定CO₂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CO₂浓度增加1%的基线情景相比，

→ WGI TAR 第9.3.3 节 &
WGI TAR 表 9.3

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分别是0.6°C和1.4°C。辐射强迫增加等同于CO₂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。

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CO₂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。

WGI TAR 第 9.3.3.1 节

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。

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CO₂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CO₂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CO₂），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。



WGI TAR SPM & WGI TAR
第 11.5.4 节

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危害。

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。



WGII TAR 第 1.4.3, 18.8,
& 19.5 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CO₂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



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



WGII TAR 第 19.4-5 节

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。

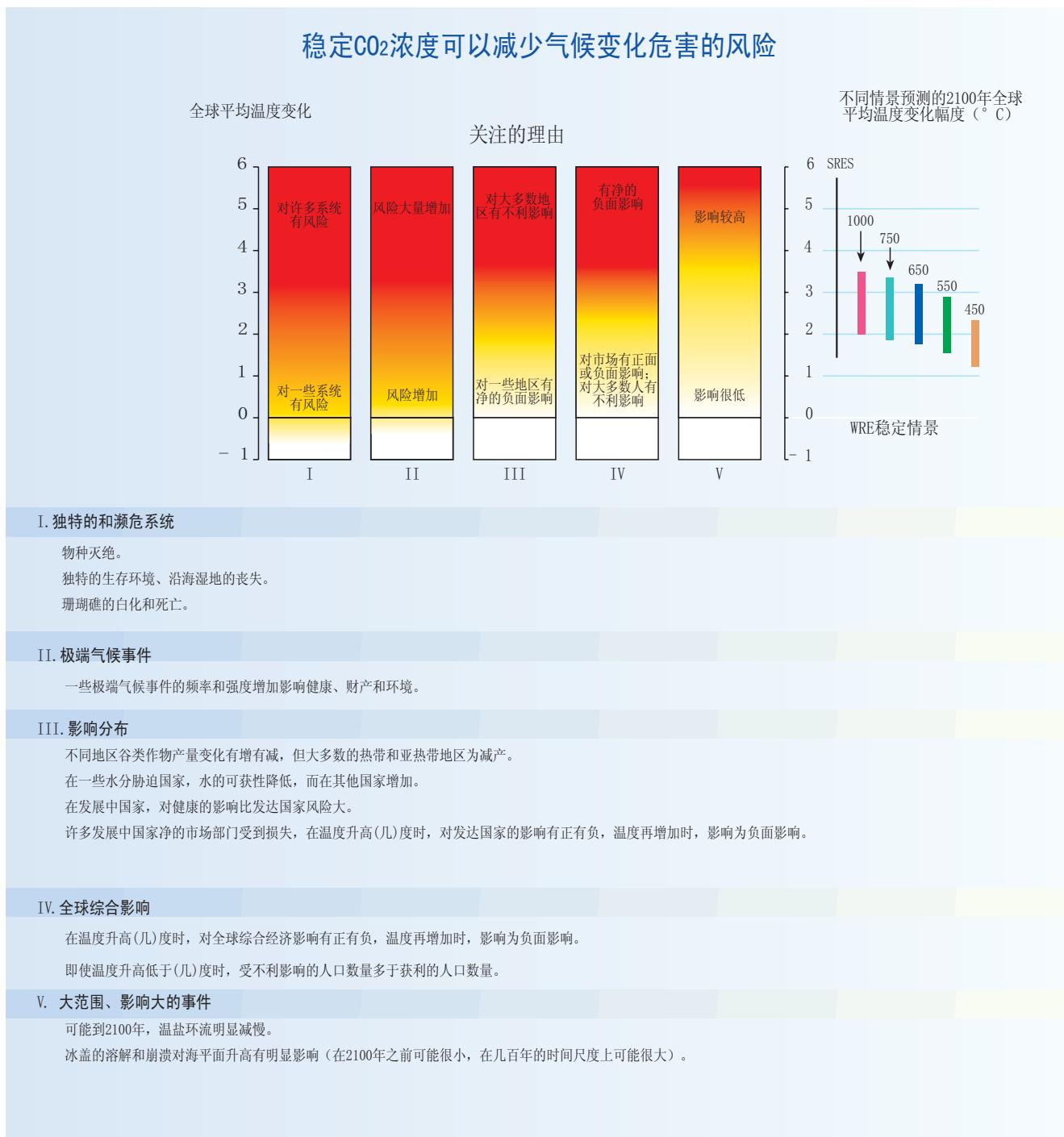


图6-3：稳定CO₂浓度可以减轻气候变化危害的风险。图6-3描述了各种全球平均变化强度的不利影响的风险，全球平均温度变化作为气候变化强度的指标。图的右边为2100年不同CO₂稳定水平和所有的SRES情景预测的全球平均温度变化。如果将大气中CO₂浓度稳定在1000ppm或1000ppm以下，可以避免与2100年温度变化在3.5°C以上的许多风险。稳定的浓度水平更低，风险也将进一步降低。白色表明中性或很小的负面影响或风险，黄色表明一些系统为负面影响或低风险，红色表明更广泛的或强度更大的负面影响或风险。影响或风险的评估仅考虑了变化的强度，而没有考虑变化的速率。全球年平均温度变化作为气候变化强度指标，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。



WGI TAR 第 9.3.3 节 &
WGII TAR 第 19.8.2 节

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。

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 1.4.4.2, 18.3.5, & 18.4.1 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 18.2.2, 18.3. & 18.8 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 18.6.1 节，&
WGIII TAR 第 2.2.3 & 10.3.2 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 18.5.3 & 19.4 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



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

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

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CO₂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 ¹⁶ 例如风力发电机的市场引入，生产己二酸排放的N₂O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CO₂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CO₂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 ₂ O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CH₄、N₂O和土壤CO₂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CO₂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，CO₂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CO₂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CO₂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、先进技术和可获得性、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。

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。



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

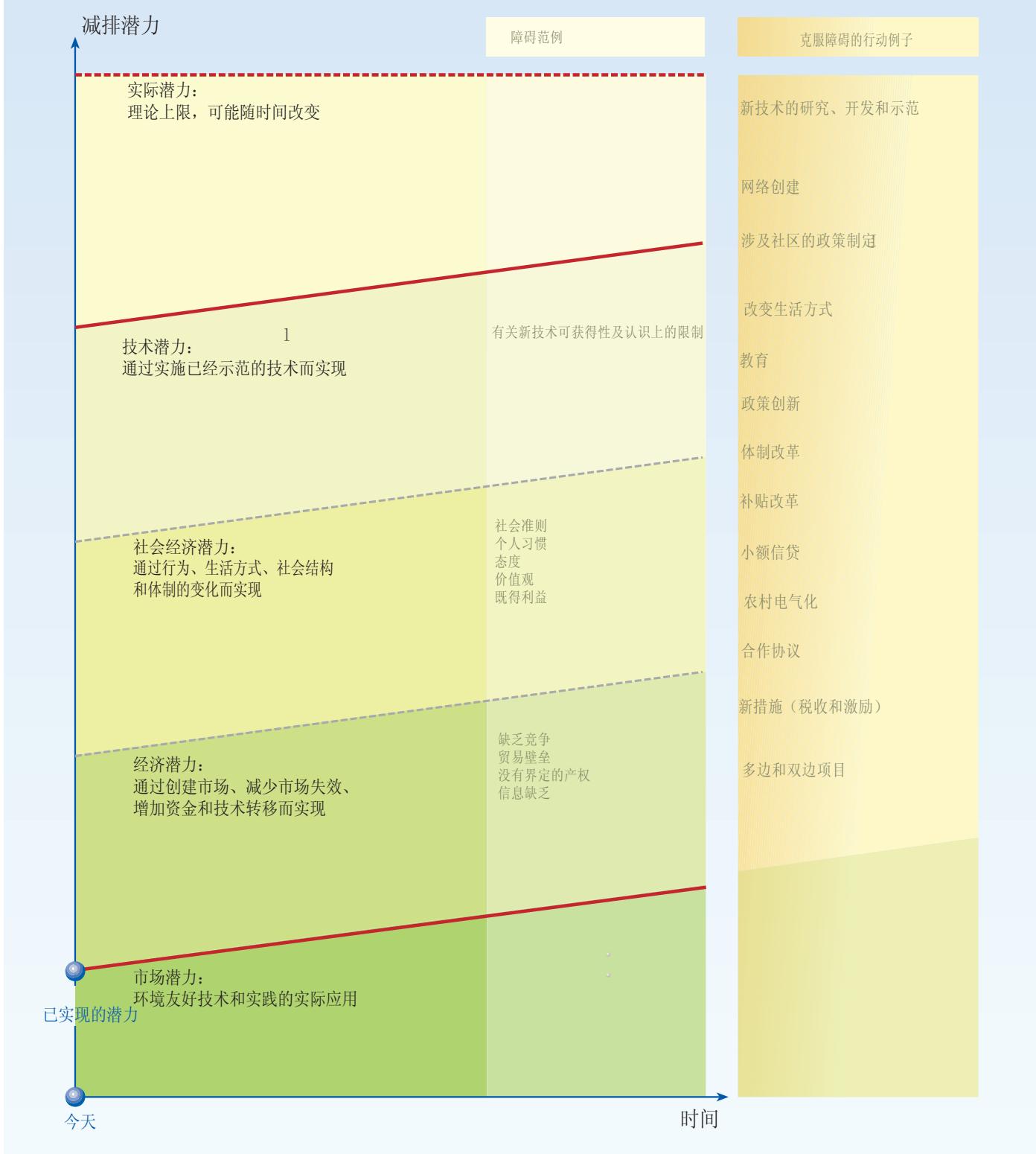


图7-1：环境友好技术的渗透（包括实践）：概念框架。各种障碍阻挠不同潜力的实现。克服障碍的机会存在于创新项目、计划和资金安排之中。一项活动可以针对一个以上的障碍。可以推行同时针对所有层次的障碍的活动。它们的实施需要公共政策、措施和手段的配套。在经济和技术潜力之间的任何地方都可能有社会-经济潜力。



WGIII TAR 第 5.2 节

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。



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、政治风险担保、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。



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。

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CO₂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CO₂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。

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。

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。

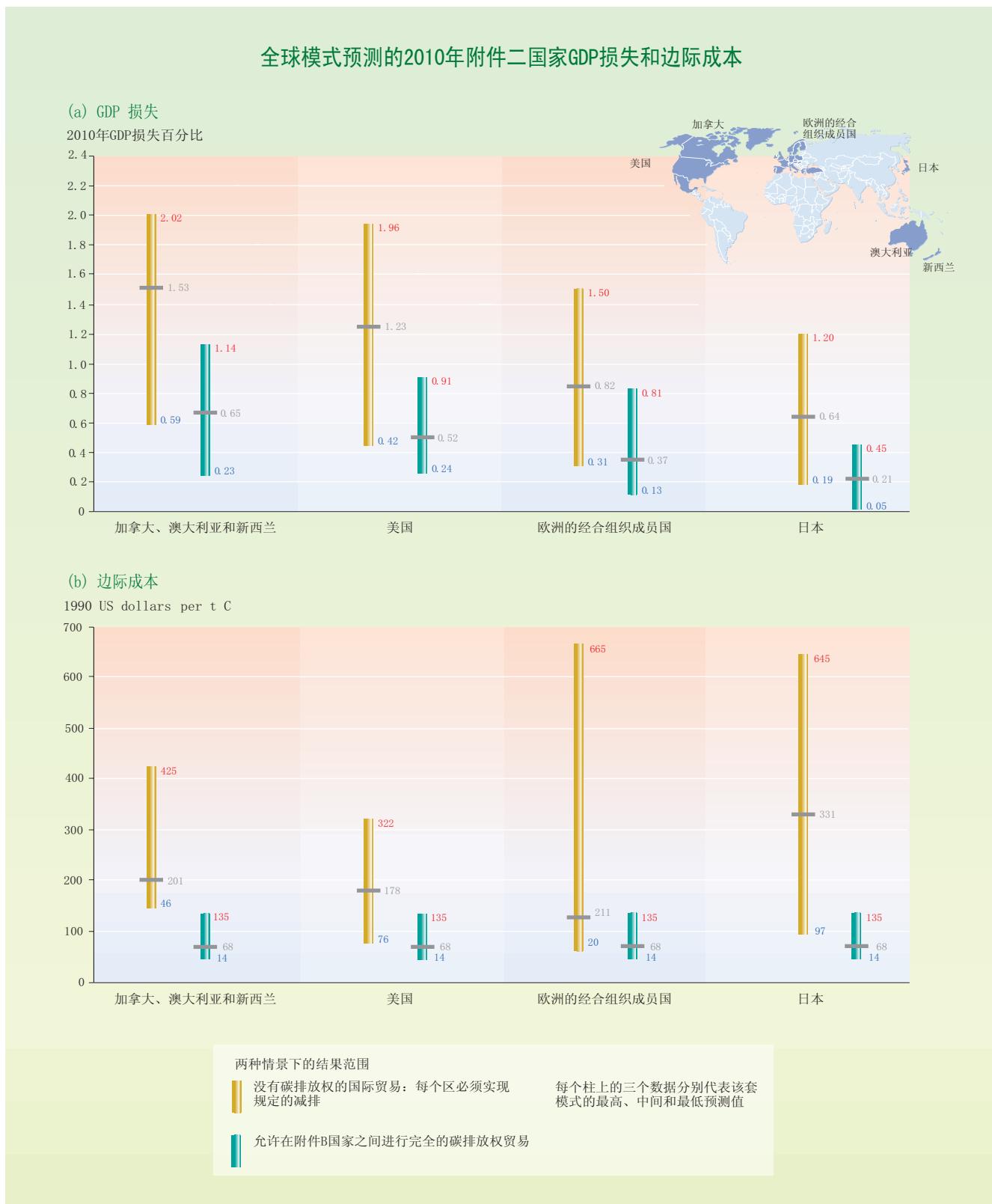


图7-2：全球模型预测的2010年附件二国家GDP损失和边际成本。(a)GDP损失和(b)边际成本。预测的2010年GDP的减少是相对于GDP的模型参考情景。这些估计根据能源模型论坛的研究得到。图中报告了含有附件二的4个区域的预测结果。模型检验了两个情景。首先，各区域在仅有国内排放贸易的条件下进行规定的减排。第二个情景，允许全部附件B国家间排放贸易，各区域的减排边际成本达到相同。这些研究隐含的关键因素、假设和不确定性见框7-1。



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。

模型	没有贸易				附件一贸易			
	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	
					1990	2010
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、环境友好技术和诀窍的转让中获益。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诀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。

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

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CO₂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CO₂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CO₂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。



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。



7.25 百年尺度的经济有效性研究所估计的稳定大气CO₂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。



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CO₂排放是21世纪大气中CO₂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



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。

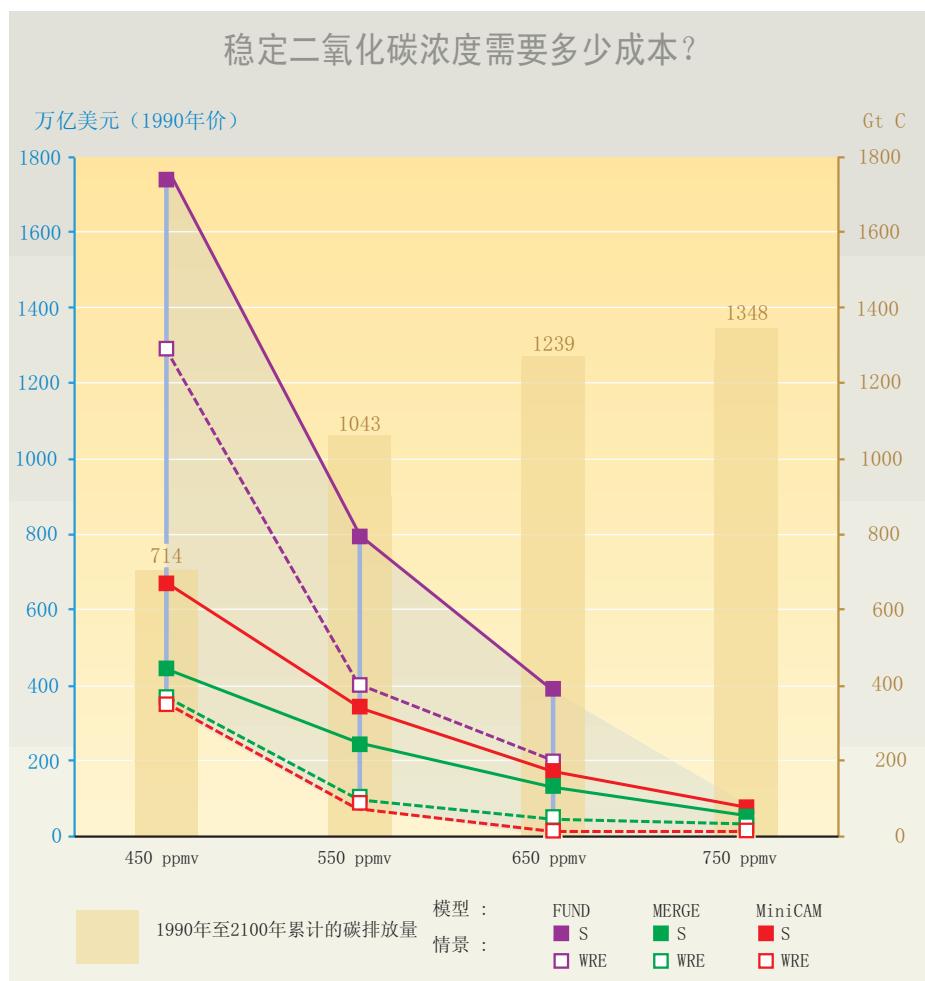
能否和以什么样的水平和成本来稳定温室气体浓度。

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
CO₂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。

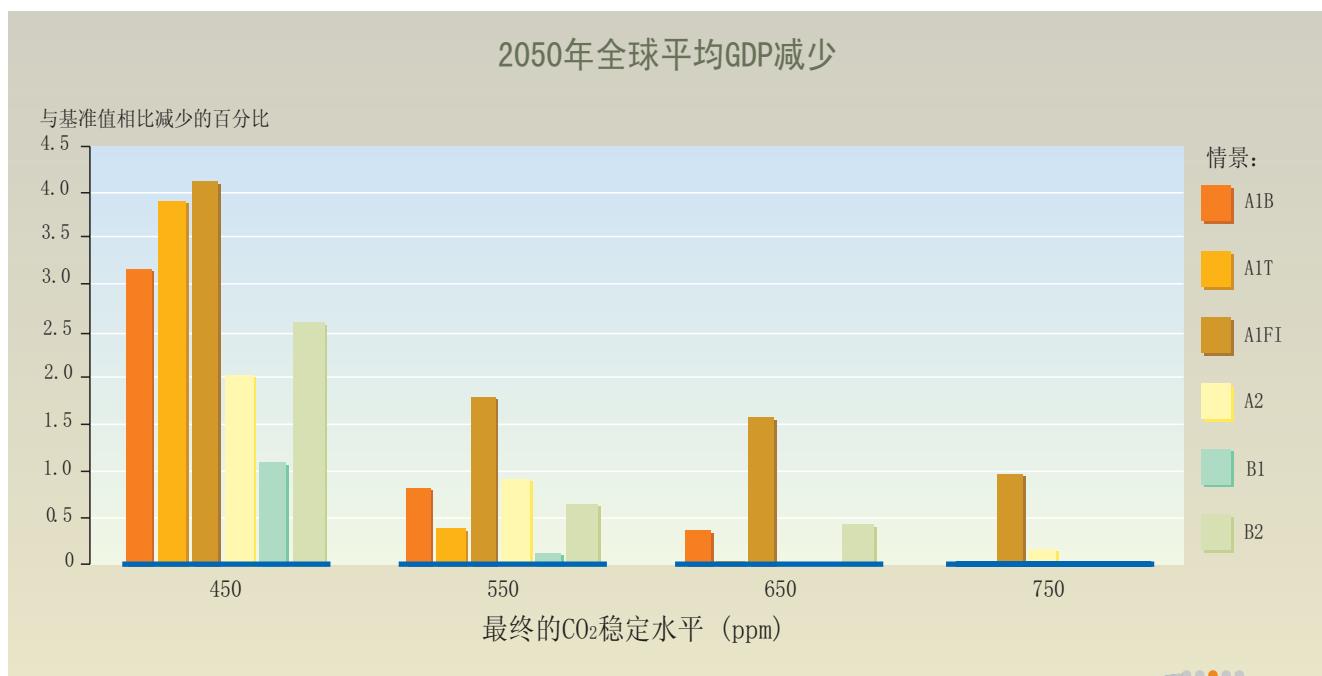


图7-4：2050年GDP减少、SRES情景、稳定水平之间的关系。随着稳定水平更严格，GDP趋于降低。成本对基准情景的选择非常敏感。预测的成本没有计及避免气候变化的潜在效益。

→ 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：

- 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向影响。

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

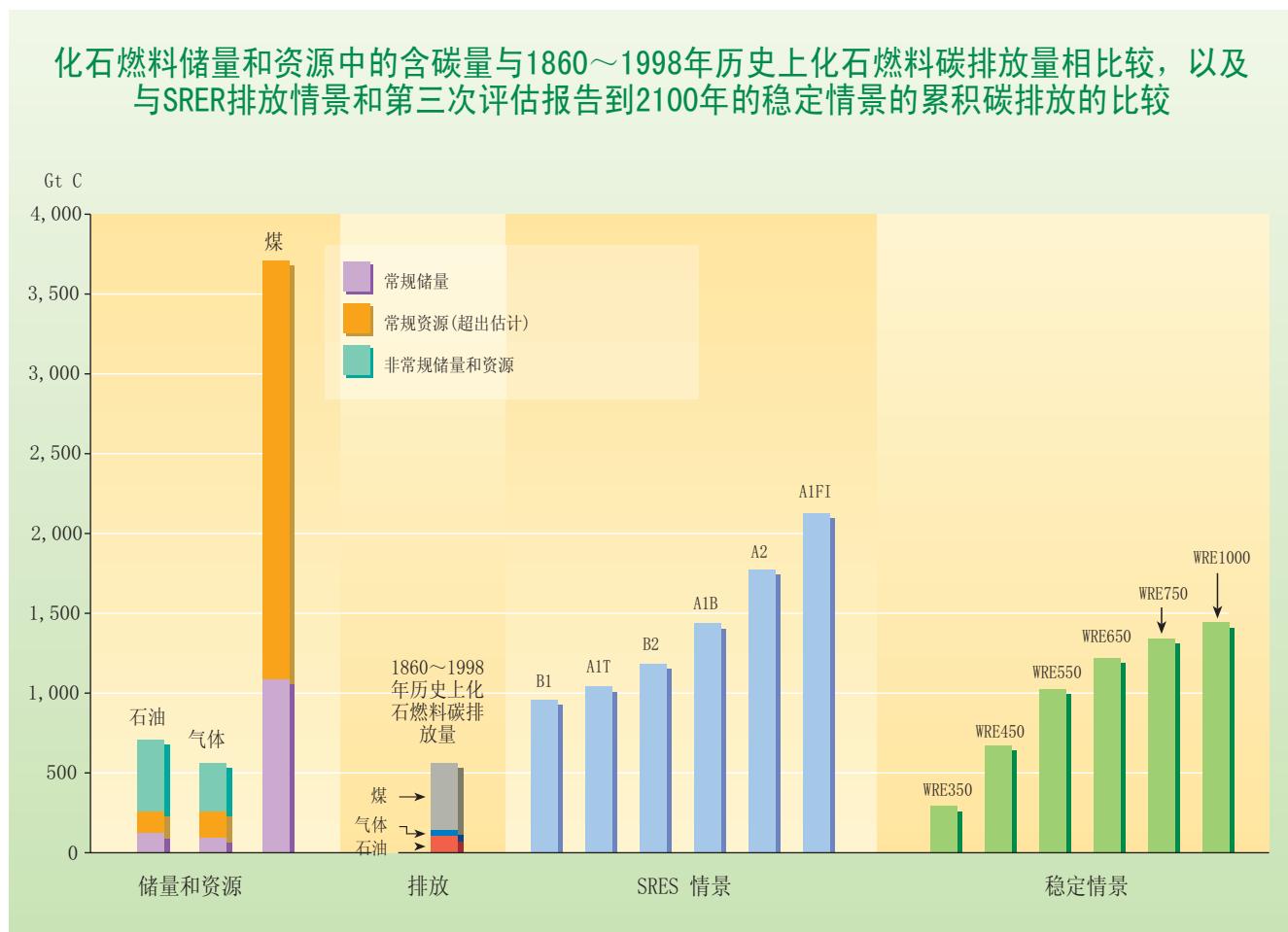


图 7-5：石油、天然气和煤炭储量和资源中的含碳量与1860~1998年历史上化石燃料碳排放量相比较，以及与SRER排放情景和《第三次评估报告》到2100年的稳定情景的累积碳排放的比较。左边的柱形图说明储量和资源的数据。非常规石油和天然气包括焦油沙、油页岩、其他重油、煤层气、深层高压地气质、水体中的天然气等等。没包括估计为12,000亿吨碳天然气水合物。情景的柱形图说明SRES参考情景以及不同的CO₂稳定浓度水平的情景。注意即便SRES情景在2100年的累积排放等于或小于稳定情景的排放，也不意味着这些情景将同样导致稳定。

WGIII TAR 第 3.8.1 章

- 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

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。



WG I TAR 第 3.4, 4.1 节,
& 5.2, WG II TAR 第 4.1 &
5.1-2 节, & WG III 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。



WG III 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

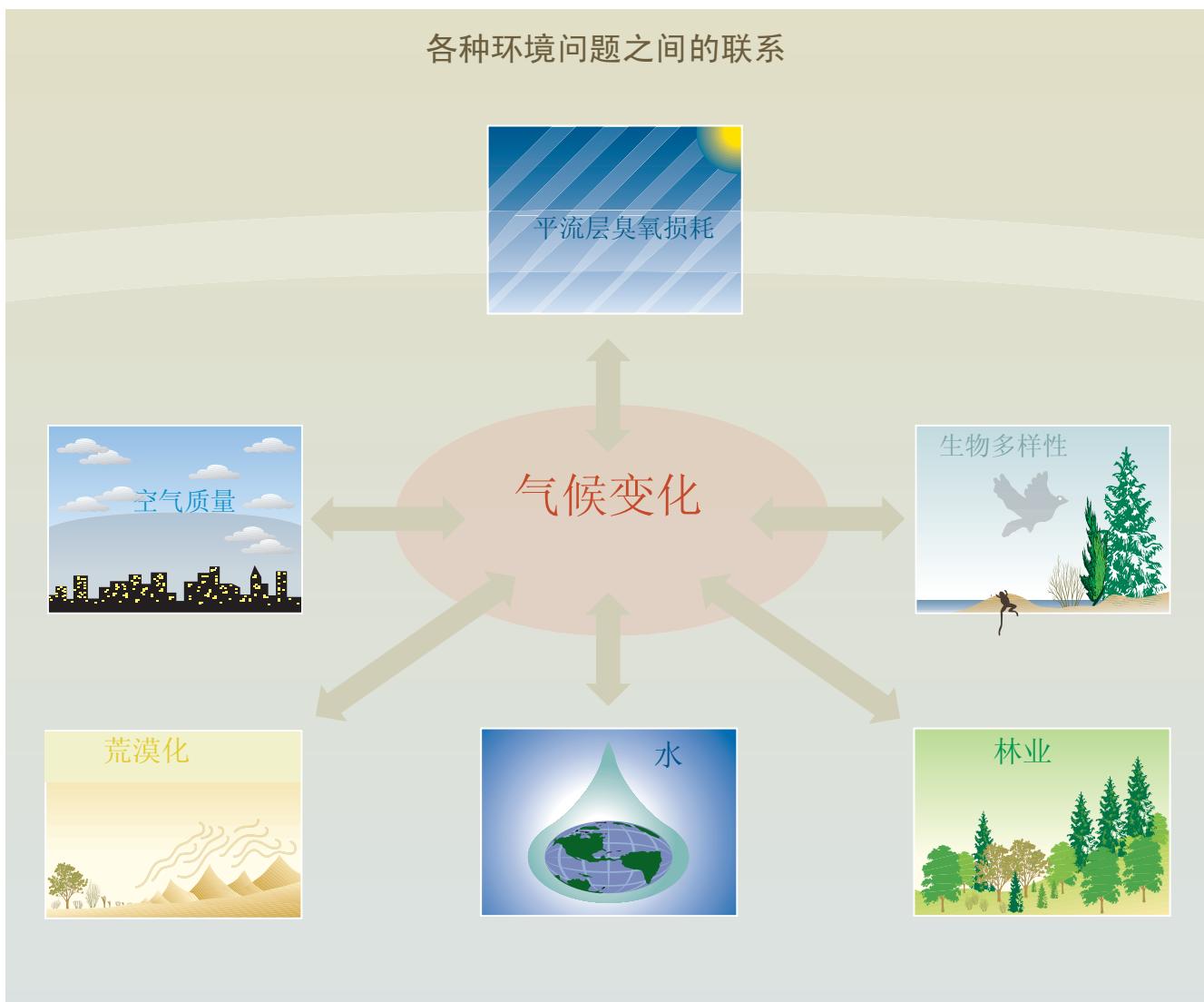


图8-1：气候受制于其中的环境分量的相互作用的地质化学过程和循环的控制。该框架显示了这些问题的一部分。为求简单明了，这些问题之间单个的双向箭头表示了若干其中的联系。例如：生物和生态过程通过控制进入大气或从大气中消耗的水汽和其他温室气体的量，在区域和全球尺度上对调整地球气候起着重要的作用。气候的变化影响生态系统(如森林)的分界线组成和功能，森林结构和功能的变化通过生物地球化学循环，特别是碳、氮和水的循环影响地球气候系统。还存在其他的链接，如空

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它规则来控制的(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, WGI 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，生态系统的改变又影响陆地与大气之间温室气体（如CO₂、CH₄、N₂O）、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、CO₂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。



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。



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）。



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CO₂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。



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)。



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°C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CO ₂ 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



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WGII TAR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，水很可能成为关键问题(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

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1700M³，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。



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。

- 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，而且还能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：



- 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。



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：



- 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。
- 淡水资源管理：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



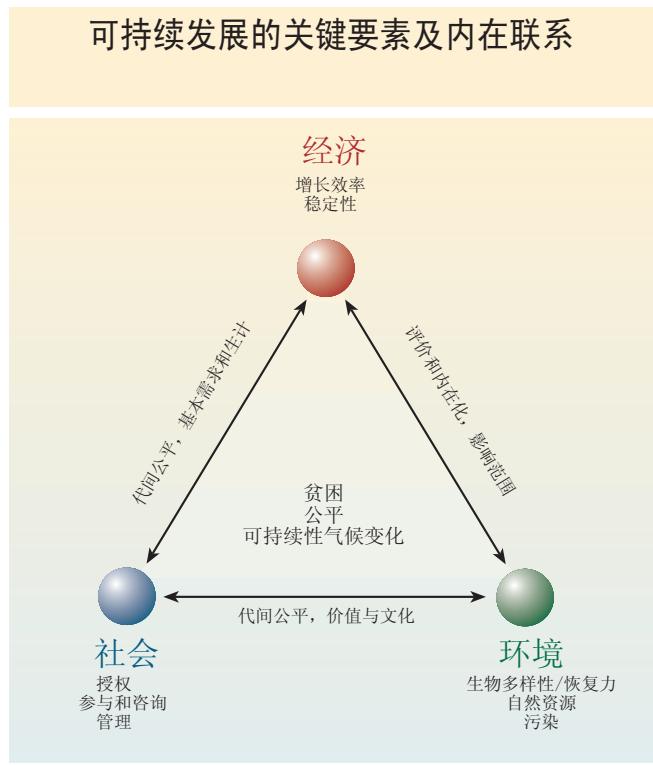


图8-3：三角形的顶点表示三个主要的方面或可持续发展的领域：经济的、社会的和环境的。经济领域重点适用于增进人类福利，主要通过增加货物和服务的消费。环境领域集中于保护生态系统的完整性和可恢复性。社会领域强调加强人类联系及个人和群体意愿的实现。三个领域之间联系的例子显示在三角形的边上。重要的议题，如气候变化、贫困、公平性、可持续性位于三角形之内，与所有三个领域相互作用。

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。

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。



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



WGIII TAR 第 10.3.2 节

表 8-3 国际环境条约节选。

公约和协议	通过的时间和地点
《南极条约》 - 《“南极条约”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界通量至少百分之三十的议定书》 - 《有关控制氮排放或其跨界通量的议定书》 - 《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界输送及其处理的巴塞尔公约》 - 《对“关于控制有害废弃物跨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“实质上确认”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及其发展的一些影响。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

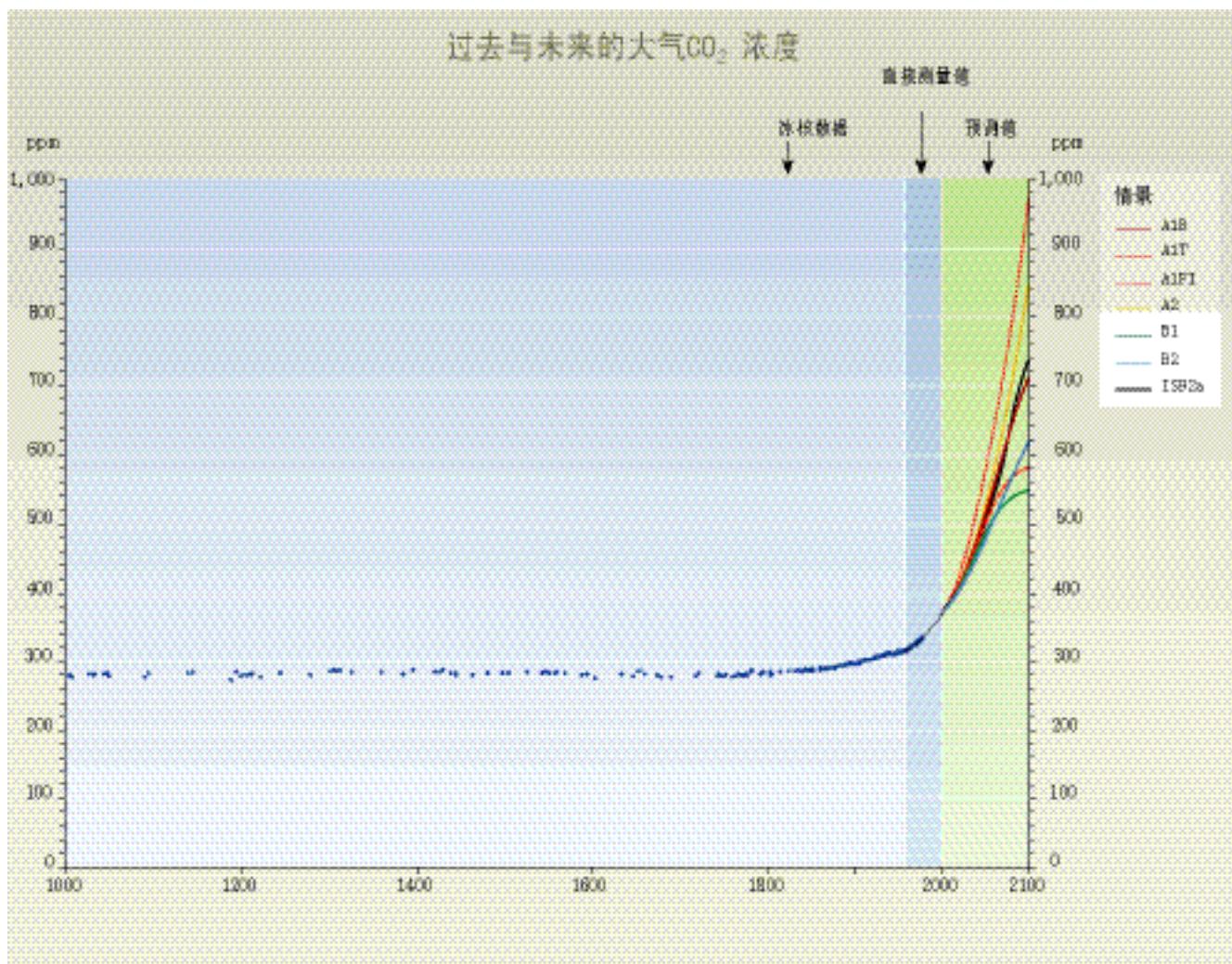


图9-1a：根据冰核和积雪数据，并辅以过去几十年中从大气直接采样的数据而得到的1000年到2000年的大气CO₂浓度。从2000年到2100年是基于SRES六个示样情景和IA92a情景（与第二次评估报告相比）计算得到的CO₂预测浓度。



WGI TAR SPM 图 2a & 5b

9.11 化石燃料CO₂排放在21世纪CO₂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，CO₂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CO₂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，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 $1.4 - 5.8^{\circ}\text{C}$ （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

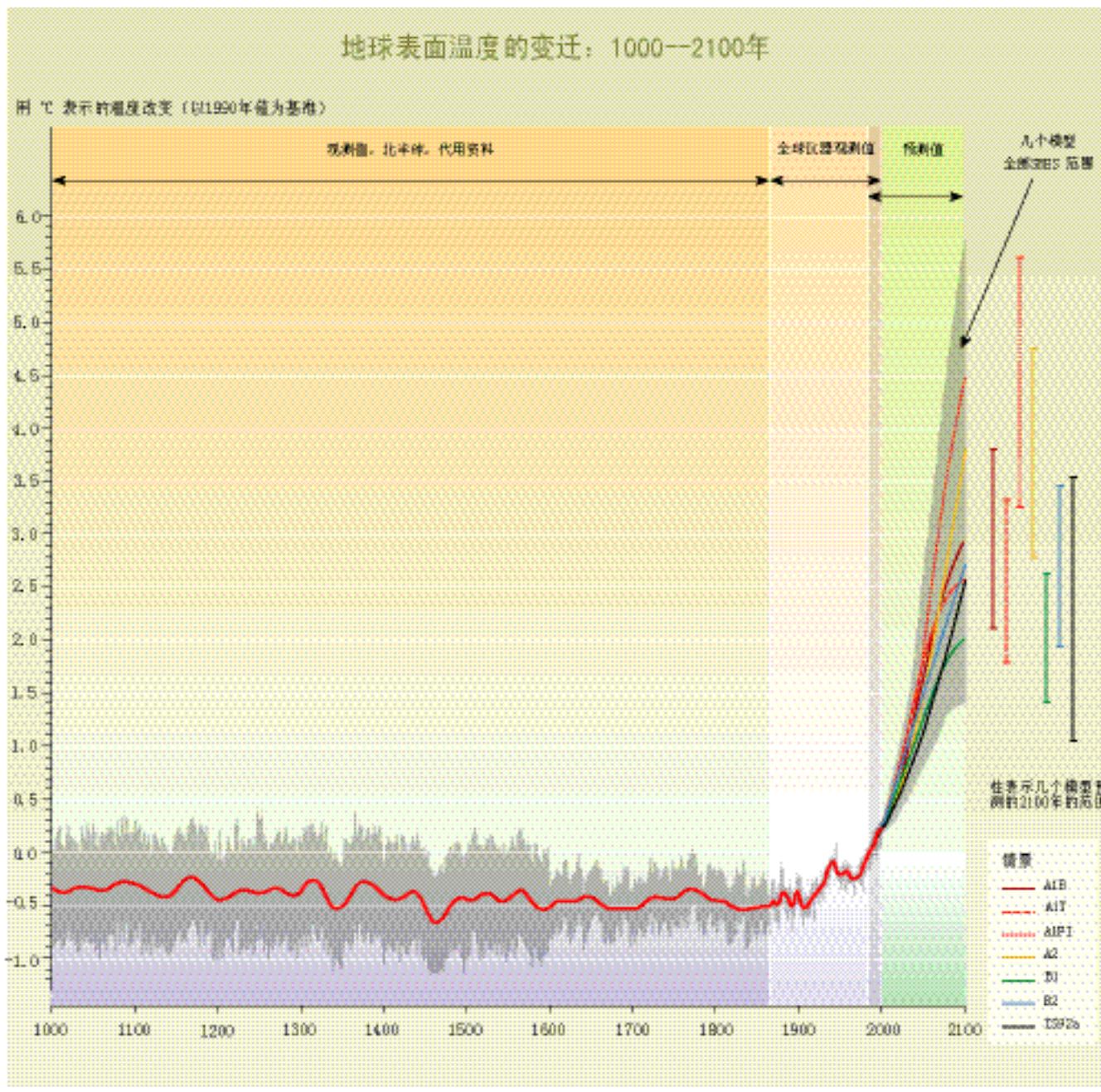


图9-1b: 地球表面温度的变化: 1000年到2100年。从代表数据（如树木年轮、珊瑚、冰核以及历史记录）构建出来的北半球平均表面气温（南半球充分的数据无法得到）显示出在1000年到1860年的变化。线表示50年平均，灰色区域表示每年数据95%信度限制。从1860到2000显示出仪器观测的全球和年均表面温度变化；线表示10年平均。2000年到2100年现实的是基于模型研究出的在平均气候敏感性下SRES六个示样情景和IA92a情景（与第二次评估报告相比）计算得到的全球平均表面温度。标记“几个模型全部SRES范围”的灰色区域表示35个SRES情景的全部范围外加不同气候敏感性下模型分析的范围。

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和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 减缓最主要的效果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CO₂来讲，碳循环模型的结果说明，要将大气中CO₂的浓度稳定在450, 650和1000ppm，将需要全球人为CO₂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CO₂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CO₂排放无疑将给21世纪大气CO₂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CO₂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~~不论~~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、CO₂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CO₂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²⁵。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，特别是细小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。这种抵消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OECD²⁸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CO₂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CO₂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、跨界界污染、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。

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。



问题5.22, 7.25, & 8.26

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：



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

- 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。