

气候变化 2001:

综合报告

工作组摘要

各个工作组的决策者摘要和技术摘要

第一工作组：科学基础

第二工作组：影响、适应性和脆弱性

第三工作组：减缓

气候变化 2001:

科学基础

第一工作组摘要

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第一工作组报告

第一工作组报告技术摘要

此报告已为 IPCC 第一工作组接受，但未经详细批准。

第一工作组对政府间气候变化专业委员会第三次评估报告的部分贡献

目录

决策者摘要	151	D.3 区域化技术	194
信息来源：决策者摘要	164	D.4 能力的总体评价	195
技术摘要	167	E. 人类对气候变化影响的辨认	196
A. 引言	168	E.1 检测和归因的含义	196
A.1 IPCC及其工作组	168	E.2 一个更长时间的，经过更仔细核查的 观测记录	196
A.2 第一工作组的第一次、第二次评估报告	168	E.3 内部变率新的模式估计	197
A.3 第三次评估报告：本技术摘要	169	E.4 对自然强迫响应的新的估计	197
B. 气候系统里观测到的变化	171	E.5 估计气候变化信号的敏感性	197
B.1 观测到的温度变化	171	E.6 广泛分布的检测技术	199
B.2 观测到的降水和大气湿度变化	174	E.7 在检测和归因中尚存的不确定性	199
B.3 观测到的雪盖和陆-海冰范围变化	175	E.8 概要	201
B.4 观测到的海平面变化	175	F. 地球未来气候预测	201
B.5 观测到的大气和海洋环流结构的变化	175	F.1 IPCC 排放情景特别报告 (SPES)	201
B.6 观测到的气候变率和极端天气、气候事 件变化	176	F.2 温室气体和气溶胶未来变化的预测	202
B.7 整体图象：一个变暖的世界和气候系统 的其它变化	177	F.3 未来温度变化的预测	205
C. 引起气候变化的强迫因子	179	F.4 未来降水变化的预测	206
C.1 观测到的全球均匀混合的温室气体浓度 及其辐射强迫变化	180	F.5 极端事件未来变化的预测	208
C.2 其它重要辐射强迫气体变化的观测	185	F.6 温盐环流未来变化的预测	209
C.3 气溶胶变化的观测和模拟	186	F.7 自然变率模态的未来变化预测	210
C.4 观测到的其它人为强迫因子变化	187	F.8 陆冰（冰川、冰盖和大冰原）、海冰和雪 盖的未来变化预测	211
C.5 太阳活动和火山活动变化的观测和模拟	187	F.9 海平面的未来变化预测	211
C.6 全球增温潜能	188	F.10 对 CO ₂ 浓度稳定廓线响应的未来变化 预测	213
D. 气候系统及其变化的模拟	188	G. 不断提高的认识	214
D.1 气候过程与反馈	188	G.1 资料	215
D.2 耦合系统	193	G.2 气候过程和模拟	215
		G.3 人类影响方面	215
		G.4 国际框架	215
		信息来源：技术摘要	216

气候变化 2001:

科学基础

决策者摘要

政府间气候变化专业委员会第一工作组报告

根据下列作者提供的草稿:

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

同时还有很多作者和评审者也作出了贡献。

引言

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

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

日益增加的观测结果给出了一个变暖的世界和气候系统的其他变化的整体图景

自从第二次评估报告(SAP⁴)发表以来,新的现代和古气候研究资料、改进的资料分析、更严格的资料质量检验以及对不同来源资料的比较等,均导致了对气候变化更好的理解。

20世纪全球地面平均气温升高约0.6℃

- 自1861年以来,全球地面平均气温(陆地和海面近表层气温的平均值)已经增加。20世纪期间增加了 $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ ^{5 6}(图1a)。该数字约比SAP在1994年的值大 0.15°C ,这是因为在新增的年份内(1995年至2000年)温度相对较高和改进的资料处理方法。

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

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

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

⁴ 在这份决策者摘要中,SAP代表《IPCC第二次评估报告》。

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

⁶ 一般使用5%的统计意义和95%的信度水平。

这些数字考虑了各种订正,如城市热岛影响等。该记录包含着较大的变率,如20世纪大部分的增温发生在两个时段,即1910年至1945年及1976年到2000年。

- 从全球来看,20世纪90年代很可能⁷是1861年以来仪器记录中最暖的10年,1998年很可能是同期最暖的一年(图1a)。
- 新的北半球代用资料分析说明,20世纪的增温可能⁷是过去的1000年中所有世纪中最明显的,20世纪90年代可能⁷是最暖的10年,而1998年是最暖的年份(图1b)。由于资料偏少,1000年以前的年平均温度所知甚少,1861年以前的南半球情况也不很清楚。
- 平均而言,在1950年和1993年之间,陆面夜间的日平均最低温度每10年增加 0.2°C ,是白天日平均最高温度增加速率的2倍(每十年大约是 0.1°C)。这样就延长了中高纬地区的无霜期。同期海面温度的增加约为陆面平均气温增加值的一半。

过去40年大气层8千米以下部分已经升温

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

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

下列时间段内，地球表面温度变化

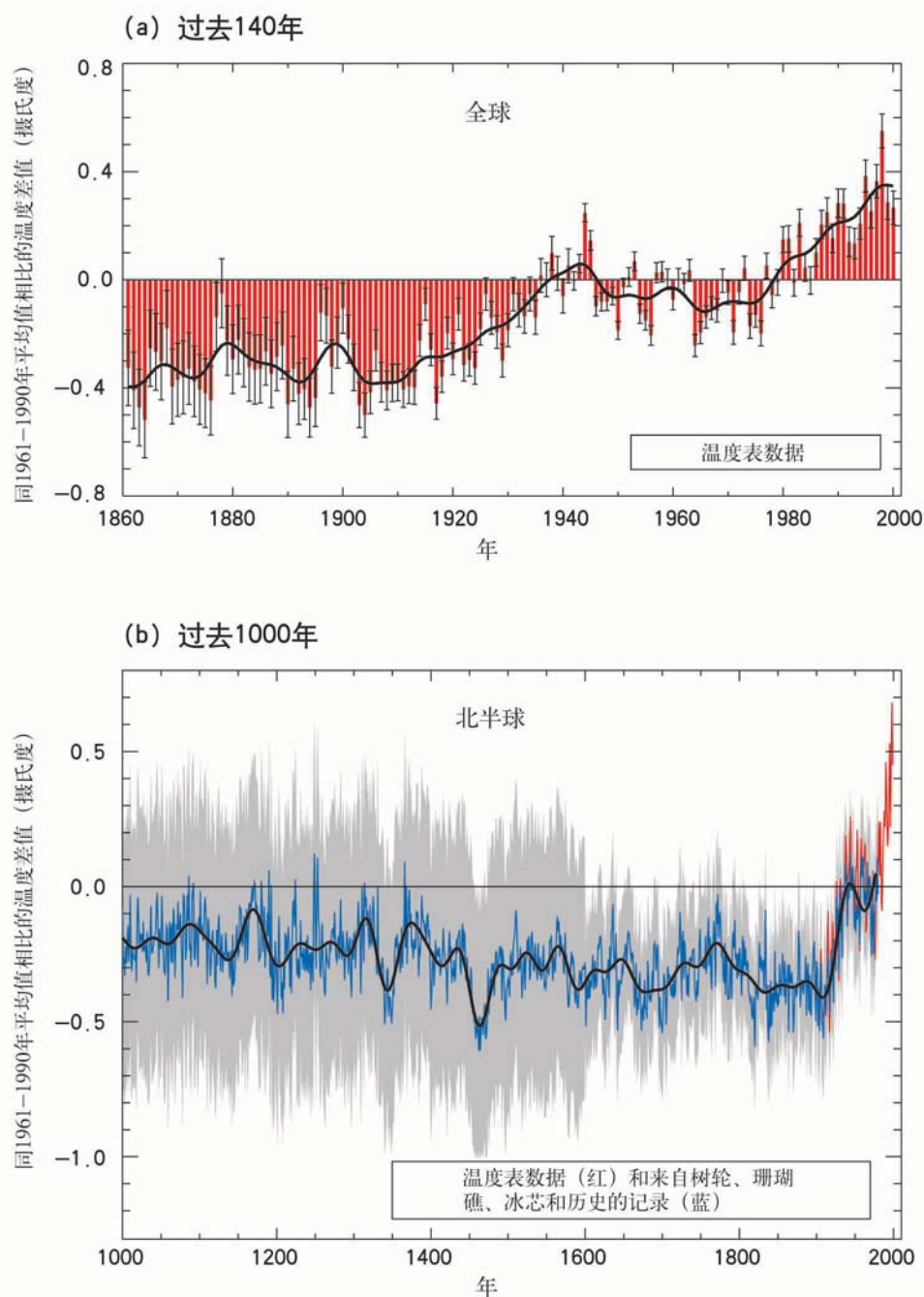


图 1：过去 140 年和 1000 年地球表面气温的变化。(a)给出地球表面温度逐年变化（红柱）和近似逐年代变化（黑线，经近年代际时间尺度抑制脉动的过滤年度曲线）。每年资料存在一些不确定性（细工字黑线代表 95% 信度区间），主要源于数据差距、随机的仪器误差、海面温度数据误差校正过程中的不确定性以及陆地城市化调整误差订正过程中的不确定性等。在过去的 140 年和 100 年中，全球表面平均温度增加的最好估计为 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。(b) 此外，根据代用资料已建起在过去 1000 年间北半球平均表面温度的逐年变化（蓝线）和 50 年平均变化（黑线），这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

雪盖和结冰范围已经减少

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

全球平均海平面升高,海洋热容量增加

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

气候的其他重要方面也发生了变化

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

洪涝的全球陆地面积略微增多。在许多地区,这些变化是由年代际和多年代气候变率引起的,如ENSO向更暖事件的转化。

- 在一些地区,如亚洲和非洲的部分地区,近几十年干旱的频率和强度已经增加。

气候的一些重要方面似乎未变

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

人类活动造成的温室气体和气溶胶排放继续以预期影响气候的方式改变着大气

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

由于人类活动,大气温室气体浓度及其辐射强迫继续增加

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

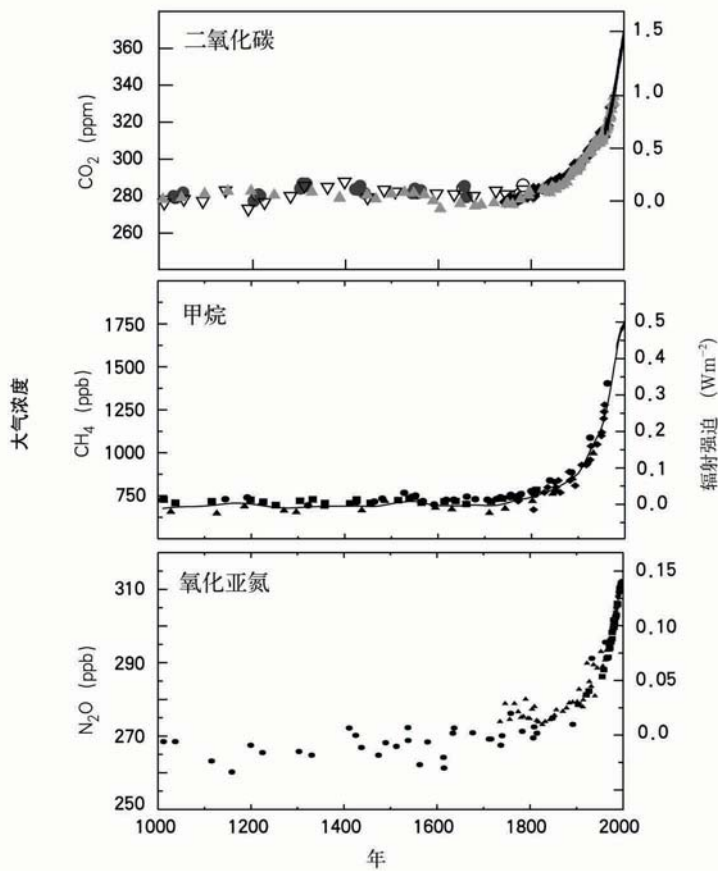
- 自 1750 年以来，大气二氧化碳 (CO₂) 浓度增加了 31%。在过去的 42 万年间，并且可能在过去的两千万年间，从未出现过今天的 CO₂ 浓度水平。至少在过去的 2 万年间从未出现过目前这样的增长速率。
- 在过去的 20 年，排放到大气中的 CO₂ 四分之三是由化

石燃料燃烧造成的。其他则主要由土地利用变化尤其是森林砍伐造成的。

- 目前人类活动排放的 CO₂ 的一半左右为海洋和陆地所吸收。在陆地上，20 世纪 90 年代对人为 CO₂ 的吸收

工业化时代人类活动对大气影响的指标

(a) 三种充分混合温室气体的全球大气浓度



(b) 沉积在格陵兰冰芯的硫酸盐气溶胶

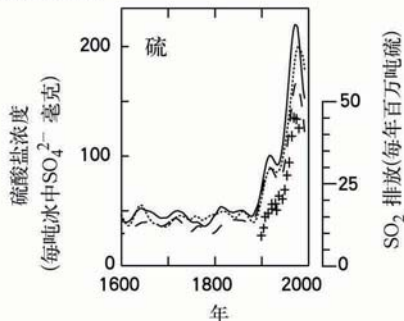


图2: 大气组成过去变化的长期记录提供了人为排放影响的见证背景。(a) 表明大气中二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄) 和氧化亚氮 (N₂O) 在过去 1000 年的变化。来自南极和格陵兰几个地点的冰芯和粒雪资料 (由不同的符号表示) 因过去几十年大气直接采样样品资料 (CO₂ 曲线所示, 同时为代表全球平均甲烷曲线所并入) 得到补充。这些气体对气候系统所估计的正辐射强迫在右边坐标给出。由于这些气体在大气中都有十年或更长的生命期, 而且混合得很好, 其浓度将可以反映全球源的排放。三个记录均表明, 在工业化时代人类排放的巨大和不断增长的影响。

(b) 说明工业排放对大气硫酸盐气溶胶的影响, 它产生负的辐射强迫。这里给出的是格陵兰冰芯中的硫酸盐浓度时间演变 (图中曲线所示, 偶发的火山影响已被剔除), 不是大气中的浓度的时间演变。这类资料表明了硫酸盐气溶胶在当地的沉降情况, 反映了北半球中纬度地区的二氧化硫 (SO₂) 排放。尽管是比全球混合较好的温室气体更有区域性的, 但这个记录还是显示出工业化时代人类二氧化硫排放的显著增长。加号表示所估计的相关区域 SO₂ 排放量 (右边坐标)。[根据 (a) 第三章, 图 3.2b (CO₂); 第四章, 图 4.1a 和 b (CH₄) 及第四章, 图 4.2 (N₂O); (b) 第五章, 图 5.4a]

相对1750年，气候系统2000年全球平均辐射强迫

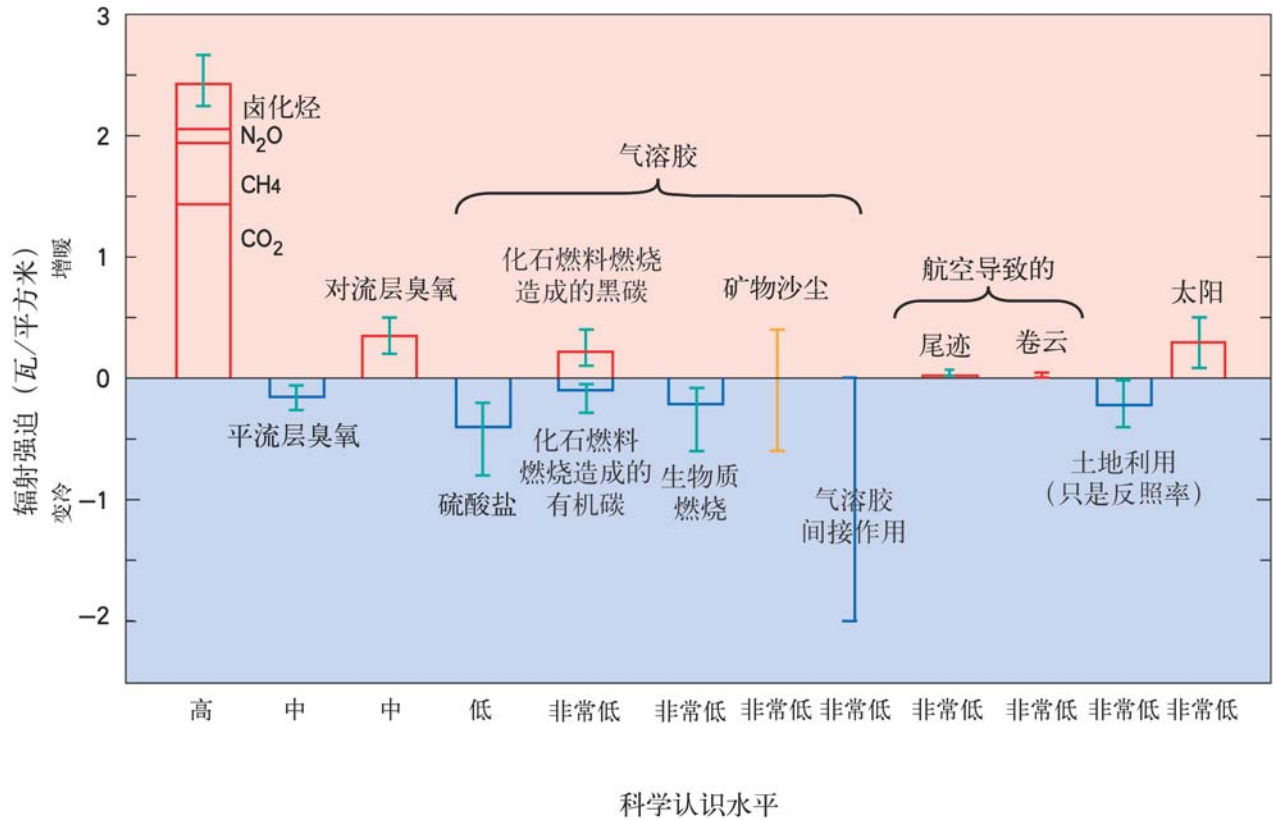


图3: 许多外部因子影响气候变化。这些辐射强迫来自大气成分的变化, 土地使用造成的地表反射率的变化和太阳输出的变化。除太阳变化以外, 其余均与某种人类活动有关。矩形代表这些强迫的贡献率, 有些会产生增温, 有些会降温。火山爆发产生的强迫是负强迫, 只会持续几年, 此处未列入。给出的气溶胶的非直接影响是它们对云滴大小和数量的影响。气溶胶对云的第二个非直接影响, 即对云的生命期的影响, 这也产生负强迫, 这里未给出。航空对温室气体的影响已包括在每一矩形。矩形上的线表示估计的范围, 这是根据已出版的强迫值和物理解水平得到的。一些强迫比其它的不确定性高得多。不带矩形的竖线表示由于不确定性较大无法给出最佳估计的强迫。对每一强迫的总体科学理解程度如所注释差别甚大。有些辐射强迫的因子, 破坏全球热平衡, 在全球充分混合, 如CO₂。其他的则是由于空间分布的原因有很强区域特点的扰动, 如气溶胶。由于这样或那样的原因, 将正负值简单相加无法得出对气候系统的净影响。本评估报告的模拟 (如图5) 显示, 这些扰动的净影响使全球气候自1750年以来变暖。[根据第六章, 图6.6]

- 过去二十年间, 大气二氧化碳浓度的年增长率一直保持在约 1.5 ppm⁹ (0.4%) 左右。在90年代, 其年增长率呈现不同, 变化于 0.9 ppm (0.2%) 和 2.8 ppm (0.8%) 之间。这种变化在很大程度上是由于陆地与海洋对二氧化碳的吸收与释放受到了气候变率 (如厄尔尼诺事件) 的影响。
- 自1750年以来, 大气中甲烷 (CH₄) 浓度已经增加

了 1060 ppb⁹ (151%), 而且目前仍保持增长趋势。现在的甲烷浓度是过去 42 万年中所没有的。与 20 世纪 80 年代比较, 20 世纪 90 年代甲烷浓度的年增

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

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

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

人为产生的气溶胶寿命很短并且大部分产生负辐射强迫

- 人为气溶胶的主要来源是化石燃料和生物质燃烧。这些排放源也和空气质量退化及酸沉降有关。
- 自从SAP发表以来,在更好地确定不同类型气溶胶的直接辐射作用方面取得了显著进展。据估计,硫化物气溶胶的直接辐射强迫是 -0.4 Wm^{-2} ,生物燃烧气溶胶的是 -0.2 Wm^{-2} ,化石燃料有机碳的是 -0.1 Wm^{-2} ,化石燃料黑碳气溶胶的是 $+0.2 \text{ Wm}^{-2}$ 。对于总体气溶胶效应及其随时间变化情况进行量化的能力与对上述气体的量化相比,可信度要低得多。气

溶胶也因地区不同而呈现较大差异,并对排放变化迅速作出反应。

- 除了直接辐射强迫外,气溶胶通过对云的影响具有间接辐射强迫。尽管有很大的不确定性,目前对这个间接影响,即负辐射强迫,已有更多的证据。

在过去的世纪中自然因子对辐射强迫起了少量作用。

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

模式预测未来气候能力方面的信度已增强。

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

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

有新的和更强的证据表明，过去 50 年观测到的增暖的大部分可归结于人类活动

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

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

如图 4c 所示。这些结果表明，被考虑的强迫对于解释所观测到的变化是充分的，但不排除其他强迫也发生作用的可能性。

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

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

在整个 21 世纪人类影响将继续改变大气组成

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

温室气体

- 在 21 世纪，对于大气 CO₂ 浓度趋势来说，可以基本肯定⁷，化石燃料燃烧引起的 CO₂ 排放还将起主要作用。
- 随着大气 CO₂ 浓度增加，海洋和陆地吸收人为 CO₂ 排放的比例将不断下降。如模式所示，因海洋和陆地吸收 CO₂ 的减少，陆地和海洋气候反馈的净效应将进一步增加所预测的大气 CO₂ 浓度。
- 对于说明性的 SPES 情景，碳循环模式预测到 2100 年大气 CO₂ 浓度介于 540 和 970 ppm 之间（比 1750 年 280 ppm 浓度高出 90 到 250%），见图 5b。这些预测考虑了陆地和海洋气候反馈。不确定性，特别是有关陆地生物圈气候反馈的幅度，可造成每一情景下约 -10% 到 +30% 的变化。因而全部预测的浓度范围是 490–1260 ppm（高于 1750 年浓度水平 75–350%）。
- 改变土地利用会影响大气 CO₂ 浓度。可以假设，即便迄今所有因土地利用变化而释放的碳在本世纪内均为陆地生物圈所吸收（例如通过再造林），大气 CO₂ 浓度也只能减少 40 到 70 ppm。

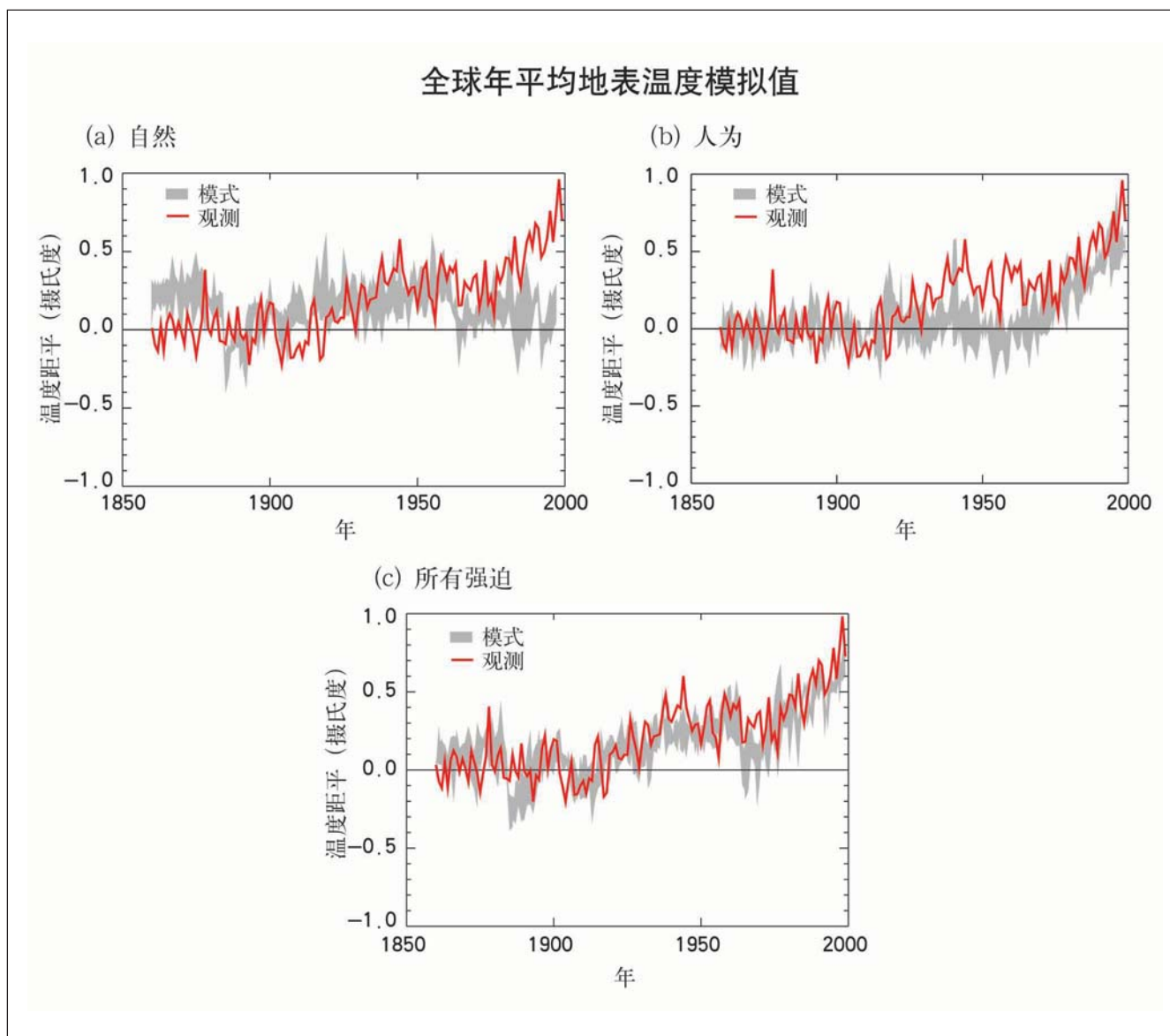


图4：模拟地球的温度变化，并将结果与观测到的变化做比较，可以为了解重大变化的根本性原因提供线索。气候模式可以用来模拟由自然原因和人为原因引起的温度变化。图(a)中带状区间所代表的模拟结果是只用自然强迫即太阳辐射变化和火山活动得到的。图(b)中带状区间所代表的模拟结果是用人为强迫即温室气体和硫酸盐气溶胶得到的。图(c)中带状区间所代表的模拟结果是同时采用自然强迫和人为强迫得到的。由图(b)可见，包括人为强迫可以解释过去一个世纪所观测到的温度变化的相当大一部分，但模拟与观测间最好的拟合是在同时包括自然和人为因素后得到的(图(c))。这些结果表明所包括的强迫足以解释所观测到的变化，但并没有排除其它强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

在不同的说明性SRES情景下，模式得到的2100年非CO₂温室气体浓度结果相差特别多。其中CH₄为-190ppb到+1970ppb(目前浓度是1760ppb)，N₂O为+38ppb到+144ppb(目前浓度是316ppb)，对流层O₃总含量变化于-12%到+62%之间，HFC、PFC和SF₆浓度变化幅度更大，所有的数值都相对2000年。在某些情景下，对流层O₃总含量会成为和CH₄

一样重要的辐射强迫因子，并将对北半球大部分地区空气质量达标产生影响。

为了稳定辐射强迫，减少温室气体排放，并减少控制这些温室气体浓度的气体是必要的。例如，对于最重要的人为温室气体，碳循环模式表明，要将大气CO₂浓度稳定在450、650或1000ppm，将要求全球人为排放分别在几十年、大约一个世纪和大约两

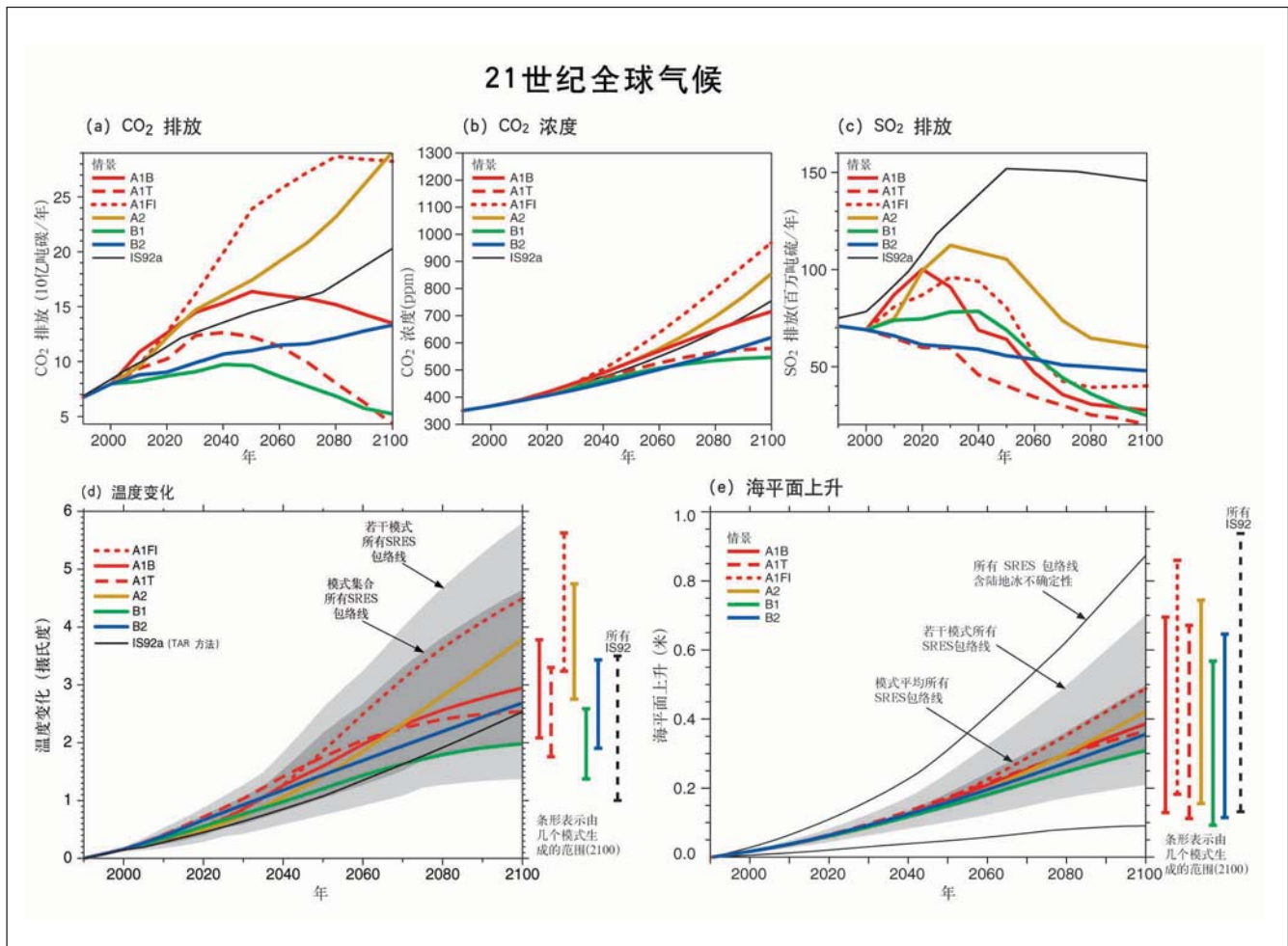


图5：二十一世纪的全球气候将取决于自然变化和气候系统对人类活动的响应。气候模式可以预测诸如全球地表温度和海平面上升等许多气候变量对各类温室气体及其它人为排放情景的响应。图 (a) 表示6个说明性的SRES情景下CO₂排放。方框内的文字解释了这些情景。同时表示的还有IS92a，以便与SAR比较。图 (b) 表明所预测的CO₂浓度。图 (c) 给出了人为SO₂的排放。其他气体和气溶胶排放也包括在模式里，但图中未表示。图 (d)和(e)分别表明了所预测的温度和海平面响应。图 (d) 和图 (e) 中“若干模式所有SRES包络线”分别表示用简单模式得到的温度和海平面上升值，但此模式已经过调试，使其得到与具备各种气候敏感性的复杂模式相同的输出。所有SRES包络线指35个SRES情景所包括的范围。“模式平均所有SRES包络线”表示在各种排放情景下所有这些模式结果的平均值。注意，从这些排放情景得出的增暖和海平面上升趋势将持续到2100年以后。也注意，这些区间没有考虑与西南极冰盖冰动力过程变化有关的不确定性，同时也没有考虑在预测非硫酸盐气溶胶和温室气体浓度方面的不确定性。[根据 (a) 第三章，图3.12；(b) 第三章，图3.12；(c) 第五章，图5.13；(d) 第九章，图9.14；(e) 第十一章，图11.12，附录2]

个世纪内降到1990年水平以下，而且以后也要继续稳定减少。最终，CO₂排放要降到目前排放量的很小一部分。

度及其控制污染物排放的政策。另外，作为气候变化的结果，自然气溶胶（如海盐、沙尘以及造成硫酸盐和碳素气溶胶的排放等）可能会增加。

气溶胶

21世纪的辐射强迫

- SRES情景对人为气溶胶（例如硫酸盐气溶胶（图5c）、生物质气溶胶、黑碳和有机碳气溶胶）给出了增加或减少两种可能性，这取决于化石燃料使用程

- 在SRES说明性情景下，相对于2000年，整个21世纪由于温室气体引起的全球平均辐射强迫将持续增加，其中CO₂所占的份额从略高于一半到约四分之

三。就幅度而言,气溶胶的直接加间接辐射强迫的变化预计比CO₂的要小得多。

在所有的IPCC SRES情景下,全球平均气温和海平面预计都将升高

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

气温

- 预计全球平均地表气温在1990–2100年期间增加1.4–5.8℃(图5d)。这些结果是针对所有35个的SPES情景,并利用若干个气候模式计算得到的^{10,11}。
- 温度增加的预测比在SAP中的结果要大,根据6个IS92情景SAP给出的增温幅度为1.0–3.5℃。这个更大增温和更宽的变幅,主要是由于相对IS92情景SPES情景中所预测的较低二氧化硫排放。
- 所预测的增暖速率比在20世纪观测的变化大得多,并且根据古气候资料,很可能是至少过去1万年内所没有过的。
- 到2100年,在一个给定的情景强迫下一组气候模式所给出的地表气温响应范围,与在不同的SPES情景强迫下一个模式所给出的响应范围相当。
- 尽管在气候敏感性上存在不确定性,在几十年的时间尺度上,目前所观测的增温速率可以用来限定对某一给定排放情景的预期响应。这种方法表明,在IS92a情景下,在未来几十年,人类活动导致的增暖可能在每10年0.1–0.2℃的范围内,与图5d中简单模式预测的相应范围近似。
- 根据最近进行的全球模式模拟,几乎所有的陆地很有可能⁷将比全球平均增暖更快,特别是在北半球高

纬度地区的寒冷季节。最为显著的是北美北部,以及亚洲的北部和中部的增暖。在每个模式里,这些地区的增暖幅度都超过全球平均的40%。相反地,南亚和东南亚的夏季以及南美南部的冬季的增暖却小于全球平均。

- 最近的热带太平洋表层温度趋势变得更近似厄尔尼诺状态,东部热带太平洋增暖比西部明显,降水带相应地向西移动。这种状态在不少模式预测里都将继续。

降水

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

极端事件

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

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

厄尔尼诺

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

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

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

^a 详见第二章(观测)和第九、十章(预测)。

表 1: 观测与预测的极端天气和气候事件变化的信度估计^a

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

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

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

季风

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

温盐环流

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

雪与冰

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

12 热指数: 描述人体舒适度的温度和湿度条件的组合指标。

能⁷会减少。

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

海平面

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

人为引起的气候变化将持续数个世纪

- 长生命期的温室气体（即CO₂、N₂O、PFC、SF₆）排放对大气组成、辐射强迫和气候具有持久的影响。例如，在CO₂排放发生以后的几个世纪，由这些排放引起的大气CO₂浓度增加的四分之一左右仍然留在大气里。
- 在温室气体浓度稳定以后，全球平均温度将继续上升，上升速率为每个世纪十分之几度，而不是所预测的21世纪浓度未稳定情况下全球平均温度上升速率每个世纪几度。稳定时的浓度水平越低，全球温度变化就越小。
- 在温室气体浓度（即使在现在的浓度水平上）稳定后的几百年内，全球平均地表气温仍将持续上升，而且由于海洋热膨胀的作用海平面也将继续上升，这归因于长时间尺度深水海洋对气候变化的调整。
- 在气候稳定后的几千年内，冰盖还将继续对气候变暖进行响应，并对海平面上升作出贡献。气候模式表明，格陵兰局地增温可能⁷是全球平均的1–3倍。冰盖模式预测，如局地增暖超过3℃，并且持续几千年，将导致格陵兰冰盖全部融化，使全球海平面大约上升7米。如局地增暖达到5.5℃，而且维持1000年，格陵兰冰盖的融化将可能⁷导致海平面大约升高3米。

- 目前冰动力学模式预测，南极西部的冰盖将导致未来1000年内海平面上升达3米。但这些结果主要依赖于关于气候变化情景、冰动力学和其它因素的模式假设。

为解决在信息和理解方面仍存在的差距需要进一步行动

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

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

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

排放情景特别报告中的排放情景 (SRES)

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

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

B1. B1框架和情景系列假设了一个趋同的世界,

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

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

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

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

信息来源:决策者摘要

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

日益增加的观测结果提供了一个变暖的世界和气候系统的其他变化的整体情况。

SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节

- 152 20世纪全球地面平均气温升高约0.6℃。
· 2.2.2 · 2.2.2 · 2.3 · 2.2.2
- 152-154 过去40年大气层8千米以下部分已经升温。
· 2.2.3和2.2.4 · 2.2.3和2.2.4
· 2.2.3, 2.2.4和12.3.2
雪盖和结冰范围已经减少。
- 154 所有3个圆点: 2.2.5和2.2.6

SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节

- 154 全球平均海平面升高,海洋热容量增加。
· 11.3.2 · 2.2.2和11.2.1
- 154 气候的其他重要方面也发生了变化。
· 2.5.2 · 2.7.2 · 2.2.2和2.5.5
· 2.7.2 · 2.6.2和2.6.3 · 2.7.3 · 2.7.3
- 154 气候的一些重要方面似乎未变
· 2.2.2 · 2.2.5 · 2.7.3 · 2.7.3

人类活动造成的温室气体和气溶胶排放继续以预期影响气候的方式改变着大气。

SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节

- 154-155 段:“气候系统内部……”
1, 3.1, 4.1, 5.1, 6.1, 6.2, 6.9, 6.11
和6.13

- SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节
- 154–157 由于人类活动, 大气温室气体浓度及其辐射强迫继续增加。
 二氧化碳: · 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3 和 3.5.1 · 3.5.1 · 3.2.2, 3.2.3, 3.5.1 和表 3.1 · 3.5.1 和 3.5.2
 甲烷: · 4.2.1
 氧化亚氮: · 4.2.1
 卤烃: · 4.2.2
 混合良好的气体的辐射强迫: · 4.2.1 和 6.3
 平流层臭氧: · 4.2.2 和 6.4
 对流层臭氧: · 4.2.4 和 6.5
- 157 人为产生的气溶胶寿命很短并且大部分产生负辐射强迫。
 · 5.2 和 5.5.4 · 5.1, 5.2 和 6.7 · 5.3.2, 5.4.3 和 6.8
- 157 在过去的世纪中自然因子对辐射强迫起了少量作用。
 · 6.11 和 6.15.1 · 6.9 和 6.15.1 · 6.15.1

模式预测未来气候能力方面的信度已增强。

- SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节
- 157 段: “要对反馈和区域特征提供……”
 8.3.2, 8.5.1, 8.6.1, 8.10.3 和 12.3.2
- 157–158 · 7.2.1, 7.5.2 和 7.6.1 · 8.4.2 · 8.6.3 和 12.3.2 · 8.5.5, 8.7.1 和 8.7.5

有新的和更强的证据表明, 过去 50 年观测到的增暖的大部分可归结于人类活动。

- SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节
- 158 段: “SAP 得出……” 12.1.2 和 12.6
 · 12.2.2, 12.4.3 和 12.6 · 12.4.1, 12.4.2, 12.4.3 和 12.6 · 12.2.3, 12.4.1, 12.4.2, 12.4.3 和 12.6 · 12.4.3 和 12.6 · 12.6 · 12.4.3 · 12.4.3 和 12.6
- 158 “根据新的证据, 考虑到 …”
 12.4 和 12.6
- 158 “此外, 20 世纪的增暖……” 11.4

在整个 21 世纪人类影响将继续改变大气组成。

- SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节
- 158 段: “根据由 IPCC 排放情景……” 4.4.5 和附件 II
- 158–160 温室气体
 · 3.7.3 和附件 II · 3.7.1, 3.7.2, 3.7.3 和附件 II · 3.7.3 和附件 II · 3.2.2 和附件 II · 4.4.5, 4.5, 4.6 和附件 II · 3.7.3
- 160 气溶胶
 · 5.5.2, 5.5.3 和附件 II
- 161 21 世纪的辐射强迫
 · 6.15.2 和附件 II

在所有的 IPCC SRES 情景下, 全球平均气温和海平面预计都将升高

- SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节
- 161 气温
 · 9.3.3 · 9.3.3 · 2.2.2, 2.3.2 和 2.4 · 9.3.3 和 10.3.2 · 8.6.1, 12.4.3, 13.5.1 和 13.5.2 · 10.3.2 和框 10.1 · 9.3.2
- 161 降水
 · 9.3.1, 9.3.6, 10.3.2 和框 10.1
- 161 极端事件
 · 表 1: 2.1, 2.2, 2.5, 2.7.2, 2.7.3, 9.3.6 和 10.3.2 · 2.7.3 和 9.3.6
- 161–162 厄尔尼诺
 · 9.3.5 · 9.3.5
- 162 季风
 · 9.3.5
- 162 温盐环流
 · 9.3.4
- 162–163 雪与冰
 · 9.3.2 · 11.5.1 · 11.5.1 · 11.5.4
- 163 海平面
 · 11.5.1

人为引起的气候变化将持续数个世纪

- SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节

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

为解决在信息和理解方面仍存在的差距需要进一步行动

SPM 页码 交叉参阅 : SPM 小标题 · 有关章节

163 所有圆点: 14, 执行摘要