

气候变化的科学——IPCC(1995)评估 报告为决策者写的总结

IPCC 第一工作组

说明 气候变化是当前各国政府和人民普遍关心的热点问题,为了加强在这一领域的国际合作,联合国世界气象组织(WMO)和环境规划署(UNEP)于 1988 年联合建立了政府间气候变化专门委员会(IPCC)。IPCC 设立了评价现有的气候变化可用科学资料(第一工作组)、评价气候变化的环境和及经济和社会影响(第二工作组)、制定响应对策(第三工作组)等三个工作组和一个发展中国家参与特别委员会,集中了世界各国有关气候、环境、海洋、能源和生态等各方面权威和著名专家,进行了卓有成效的工作。它于 1990 年完成了对气候问题的第一次全面评估报告(IPCC First Assessment Report),并于 1992 年提交了补充报告(1992 IPCC Supplement),1994 年提出了气候变化的辐射强迫和 IS92 排放构想(Climate Change, 1994)。最近出版的《气候变化 1995》则是自 1990 年首次评估以来,包含内容最多的有关气候变化科学的评估报告(Climate Change, 1995)。

IPCC 报告是经正式“批准”(approved)或被“采纳”(accepted)的文件。一个经“批准”的报告,需在有关的 IPCC 工作组全体会议上逐行逐句地进行讨论并得到通过。实际上,只是短的文件经正式批准,而详尽的大文件,则是由工作组所采纳,表述有关这方面论题的综合、客观和均衡的观点。在《气候变化 1995》报告中,为政府决策者所写的总结部分(Summary for policymakers)是经批准的,而技术总结(Technical Summary)及第一、第二章,则是被第一工作组所采纳的。受篇幅所限,在此我们仅译出了《气候变化 1995》中为政府决策者所写的总结,这一总结已为 IPCC 第一工作组第 5 次会议(马德里,1995 年 11 月 27—29 日)批准(参加这次会议的有来自 96 个国家的 177 名代表,14 个非政府机构代表和 25 个领头的作者),表述了 IPCC 正式同意的有关气候变化科学的前认识。

关键词 温室气体浓度 气候变化 气候影响 气候预测

自 1990 年以来,随着新的可用资料和分析方法的采用,对气候变化的认识有了相当大的进展。

1 温室气体浓度在继续增加

从工业革命(也就是大致 1750 年)以来,温室气体浓度的增加,给了气候一个正的辐射强迫,使地表变暖并引起气候的其它变化。

* 大气温室气体浓度,特别是二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)和氮氧化物(N₂O)增长显著:其幅度分别为大约 30%、145%和 15%(1992 年值)。这些增加主要归因于人类活动、大部分的化石燃料的应用、土地利用的变化和农业。

* 在九十年代初期,CO₂、CH₄ 和 N₂O 浓

度的增长率较低。虽对这一明显的自然变化仍不能充分地解释,但新近的资料表明,目前此增长率与八十年代的平均值还是类似的。

* 长寿命 温室气体的直接辐射强迫(2.45W/m²),主要是由于 CO₂(1.56W/m²)、CH₄(0.47W/m²)和 N₂O(0.14W/m²)浓度的增加(1992 年值)。

* 很多温室气体能长时期地保持在大气中(对 CO₂ 和 N₂O 而言,能维持几十到几百年),因此这些辐射强迫影响也有一个长的时间尺度。

* CFCs 和 HCFCs 的直接辐射强迫合起来为 0.25W/m²,但由于它们造成的平流层臭氧耗损,导致负辐射强迫,因而它们的净辐射强迫减少了大约 0.1W/m²。

* CFCs(而不是 HCFCs)浓度的增长缓慢地趋向于 0。通过 Montreal 协定和它的调整和修正案的贯彻,预计到 2050 年时 CFCs 和 HCFCs 两者的浓度,以及随之而来的臭氧耗损将有重大的减少。

* 在当前,某些长寿命的温室气体(特别是 HFCS(一种 CFC 的替代物)、PFCs 和 SF₆)对辐射强迫的影响不大,但它们预计的增加将会在 21 世纪对辐射强迫有百分之几的贡献。

* 如果 CO₂ 的排放维持在最近(1994 年)的水平,将导致其在大气中的浓度的增长率至少在 200 年内接近常数,并在 21 世纪末达到 500ppmv(接近工业化前 280ppmv 浓度的一倍)。

* 碳循环模式显示,如果全球人为 CO₂ 排放量下降到 1990 年的水平,那么大气 CO₂ 浓度达 450、650 或 1000ppmv 的平衡点将分别在距今 40、140 或 240 年后达到,随后的下降将显著低于 1990 年的水平。

* 任何最终达到稳定状态的浓度,主要受从现在直到达到稳定状态这段时间内人工排放 CO₂ 积累所影响,其次才是受在此期间内排放方式变化的影响。这意味着,对于指定的稳定浓度值,开始几十年的高排放量,就必须在后期有低的排放。对于在 450、650 或 1000ppmv 稳定的几种状况,从 1991 年到 2100 年,人工排放量累积分别为 630GtC (1GtC=10⁹ 吨碳)、1030GtC 和 1410GtC(每种情况偏差大约±15%)。作为对照,IPCC IS92 排放构想的相应积累排放范围为从 770 到 2190GtC。

* 要使 CH₄ 和 N₂O 稳定在当前的浓度水平,需要将各自的人为排放量分别减少 8%和 50%以上。

* 有证据表明,北半球对流层臭氧的浓度自工业革命以来由于人类活动而增加,这导致一个正的辐射强迫。这个强迫作用还没有很好地被描述,但已被估计为大约 0.4W/m²(约为长寿命温室气体的 15%)。然而,最

近十年的观测显示,这种上升倾向已经显著减慢或中止。

2 人类活动产生的气溶胶将产生一个负的辐射强迫

* 对流层气溶胶(悬浮于大气中的微小质点)是由化石燃料、生物量燃烧和其它来源产生的,导致了大约 0.5W/m² 的负的直接强迫。作为全球平均,也可能有同样大小的负间接强迫。这个负的强迫集中在一些特别的区域和次大陆地区,但对气候型有从大陆尺度到半球尺度的影响。

* 局地的气溶胶强迫可以大到能绰绰有余地补偿由温室气体产生的正强迫。

* 与长寿命的温室气体相比,人为气溶胶在大气中是短命的,因此,这种辐射强迫能迅速地随排放物的增减而调整。

3 在过去 100 年气候发生了变化

任何一个地方的逐年天气变化都可以是很大的,但对广大区域和数十年或更长期期的气象资料及其它资料的分析,已给出某些重要的系统性变化的证据。

* 19 世纪末以来,全球地面空气温度已增加 0.3—0.6℃;自 1990 年以来新增的可用资料和对资料的再分析,都没有显著改变对增温幅度的这一估计。

* 近些年出现了自 1860 年以来,也就是仪器观测时期以来的最暖值,尽管 1991 年 Pinatubo 火山爆发有变冷的影响。

* 陆地上空夜间的温度增加,普遍地高于白天温度的增加。

* 区域性变化同样也是明显的。例如,现代增温在中纬度大陆地区的冬季和春季最大,同时有少量地区,例如北大西洋变冷。北半球高纬陆地上降水增加,特别是在冷季。

* 在过去 100 年,全球海平面上升 10—25cm,这种上升中有许多可能与全球平均温度上升有关。

* 还没有充分的资料能确定,在 20 世纪

是否已经出现了气候变率和极端天气的全球一致的变化。在地区尺度上,某些极端天气和气候变率的变化征兆是清楚的(例如,在几个大范围地区的霜冻减少了;在美国邻接的各大州,异常降水事件的比率增加)。这些变化中有一些接近于有高的气候变率;另一些却接近于有低的变率。

* 1990 到 1995 年年中,ENSO 持续的暖位相(这是导致很多地区干旱或洪水的原因)在过去 120 年中是异常的。

4 多方面的证据表明,人类活动对全球气候有一个可以看得出的影响

任何人类引起的对气候的影响都是附加在自然气候变化的背景“噪声”上的,这种自然变化是由内部变化和诸如太阳变化和火山爆发等外部原因引起的。检测(detection)和归因(attribution)的研究试图把人类活动影响和自然影响区分开来。“变化的检测”是一个证明观测到的气候变化在统计意义上是高度异常的过程,而并不指出变化的原因。“归因”是一个包括对抗(competing)假设检验在内的建立因果关系的过程。

自 1990 年 IPCC 报告以来,在试图区分对气候的自然影响和人类活动影响方面取得了很大的进展。这一进展的取得是由于将硫酸盐的气溶胶影响加到温室气体上,更逼真地评估了人类活动引起的辐射强迫。这已应用于气候模式中来更完整地模拟人类活动引起的气候变化“信号”。此外,新的海气耦合模式的模拟,还提供了有关十年到百年尺度的自然固有的气候变率的重要信息。进一步进展的重要领域是,从以全球平均变化为重点的研究转到以对气候变化时空分布的模拟和观测的比较为重点。

有关检测和归因的最重要的结果为:

* 从代用气候指标获得的有限的可用证据表明,20 世纪的全球平均温度,和从 1400 年或更早以来的任一世纪至少是一样暖。1400 年以前的资料太少,不能可靠地估算全

球平均温度。

* 对过去百年观测到的全球平均地表气温趋势的显著性评估采用了对自然内部变化和外来强迫变化的新的各种估计值。它们是由仪器观测资料、古资料、简单和复杂的气候模式以及与观测资料相拟合的统计模式获得的。这些研究的大多数都检测到了显著的变化,并表明观测到的变暖趋势不可能全部由自然原因所致。

* 在以分布型为基础的研究中正涌现出更令人信服的归因于人类对气候影响的新证据,模拟的对温室气体和人类活动硫酸盐气溶胶联合强迫作用的气候响应与实测的大气温度变化的地理、季节和垂直变化分布型比较一致。这些研究表明,这种分布型的相似之处随时间而增加,正像人们会预料到的人为信号强度增加。此外,这些分布型的一致仅仅是由自然内部变化所致而偶然出现的可能性很小。同时这种变化的垂直分布与由太阳和火山强迫作用所预料的结果也不一致。

* 目前我们定量地确定人类对全球气候影响的能力是有限的,这是由于预料中的信号还正在自然变化噪声中浮现出来,也由于还存在着一些不确定的关键因素。这包括长期自然变率的量值及型式,温室气体、气溶胶浓度变化和陆地地面变化所引起的强迫作用的时间演变型式以及对这些变化的响应。然而,多方面证据的综合表明,人类对全球气候已经有可以辨别得出的影响。

5 预计气候在未来将会继续变化

IPCC 曾提出有关未来温室气体和气溶胶先兆物排放量的 IS92a-f 构想范围,它是基于对 1990—2100 年间人口和经济增长、土地开发、技术变化、能源获取情况和燃料构成的假设基础上作出的。通过对碳循环和大气化学的认识,这种排放量能用于预测大气温室气体、气溶胶浓度及对自然辐射强迫的扰动。然后可用气候模式推测未来气候。

* 通过各种海气耦合气候模式,模拟目

前和过去气候状况的真实性正在不断增加,从而使我们增强了应用这些模式来预测未来气候变化的信心。虽某些重要的不确定性仍然存在,但这类不确定性均已在预测全球平均温度和海平面变化时给予了充分的考虑。

* 按中等程度 IPCC 排放构想(IS92a),采取气候敏感性的“最佳估计”值并考虑气溶胶未来增加的影响,模式预测得出 2100 年全球平均地面气温将比 1990 年增加大约 2°C 。这一估计大约要比 1990 年的最佳估计值低 $1/3$ 。这主要是由于较低的排放构想(特别是 CO_2 和 CFCs),又考虑了硫酸盐气溶胶的冷却作用以及对碳循环处理上的改进。最低的 IPCC 排放构想(IS92c)与气候敏感性低值相配合,并且考虑气溶胶浓度未来变化的影响,得出 2100 年预计增温大约 1°C 。相应的最高的 IPCC 构想(IS92e)和气候敏感性高值相配合,得出增温为大约 3.5°C 。在所有情况下,平均增温率都可能比过去 10000 年中所见到的要大,然而,实际上,从年到十年的变化都包含有相当多的自然变化。区域性的温度变化可以与全球平均值有重大差异。由于海洋的热惯性,到 2100 年最终将只有上述平衡温度变化的 50—90%会出现;而在 2100 年以后,即使那时温室气体浓度已经稳定,温度也仍将继续增加。

* 预计平均海平面将上升,这是海洋热膨胀及冰川和冰架融化的结果。对于 IS92a 构想,假定气候敏感性、冰对增温的敏感性均为“最佳估计”值,并考虑气溶胶未来变化的影响时,模式预测 2100 年海平面将比现在上升大约 50cm。这一估算值大约比 1990 年由较低的温度预测而作的“最佳估计”要低 25%,同时也反映了气候和冰融化模式改进的结果。最低的排放构想(IS92c)与低的气候和海冰融化敏感度相配合并考虑气溶胶影响,给出从现在到 2100 年预测海平面上升大约为 15cm。对于最高的排放构想(IS92e)与气候和海冰融化敏感度高值相配合,相应的预测给出从现在到 2100 年海平

面上升大约 95cm。在 2100 年以后的几个世纪,即使在那时温室气体浓度稳定,海平面仍将以同样的速率上升,甚至在全球平均温度稳定后仍然如此。由于大陆迁移和洋流变化,地区性的海平面变化可以与全球平均值有所不同。

* 海气耦合气候模式对半球到大陆尺度的预测的可信程度,要高于对区域性的预测,对区域性预测的把握仍然是低的。对温度的预测也要比对水文变化更有把握。

* 考虑了温室气体和气溶胶浓度增加或单独考虑温室气体浓度增加的所有的模式模拟,都表明:在冬季陆地表面的增温大于海洋;冬季北半球高纬地区地表增温最大,而夏季在北极增温小;冬季高纬地区全球平均水文循环加强、降水和土壤湿度增加。所有这些变化都是与同样的一些物理机制相联系的。

* 此外,大多数模拟还表明,北大西洋温盐环流强度减弱,大范围温度日较差减小。这些特征也能用同样的那些物理机制来解释。

* 人类活动产生的气溶胶的直接和间接影响对预测起重要作用。通常,当气溶胶作用被表述时,特别是在北半球中纬度地区,温度和降水变化的量值就较小。虽然气溶胶的冷却作用并不是对温室气体增温效果的一个简单的补偿,但对某些大陆尺度的气候变化型,尤其是在夏半球,有显著的影响。例如,只考虑温室气体作用的模式,一般预测在亚洲夏季风区域降水和土壤湿度增加,而当模式增加考虑气溶胶的某些影响后,则表明季风降水可能减少。气溶胶的时空分布对区域性预测有很大影响,因而也就有更大的不确定性。

* 普遍的增温将导致极端炎热天气的日子增多和极端寒冷的日子减少。

* 温度变暖还将导致水文循环更强劲;这导致在某些地方将可能有更多的大旱或者大涝,而在另一些地区则较少大旱或(和)大涝。有几个模式显示出降水强度增加,表明有

可能出现更剧烈的降水事件。现有的认识还不足以说明,强烈风暴(例如热带气旋)的出现和地理分布是否有任何变化。

* 持续而快速的气候变化会改变物种间的竞争平衡,甚至导致森林枯萎,改变地球的碳吸收和释放。其量级是不确定的,在未来 100 年到 200 年,将取决于气候变率,介于 0—200GtC 之间。

6 仍然存在很多不确定性

有很多因子限制了我们预测和检测未来气候变化的能力。尤其是,为了减少不确定性,需要就下列优先课题作进一步的工作:

* 对温室气体、气溶胶和气溶胶先兆物未来排放和生物化学循环(包括源和汇)的评估,及对其未来浓度和辐射特性的预测。

* 对模式中气候过程的描述,特别是与云、海洋、海冰和植被有关的反馈的描述,以改进对气候变化速率和气候变化区域分布型的预测。

* 系统地收集气候系统变量的长期的仪器观测和代用观测数据(例如:太阳输出,大气能量平衡各分量,水份循环,海洋特征和生态系统变化),以用于模式试验、时间和区域性变率的评估,以及检测和归因研究。

未来突然的、巨大和快速的气候系统变化(如过去曾发生过的),从其本质来说,是难于预测的。这意味着,未来气候变化也可能包含有“惊奇”。特别是,它们会由气候系统的非线性本质而引发。在快速强迫时,非线性系统特别会发生意外行为。通过对气候系统的非线性过程和各个分量的研究能取得这方面的进展。这类非线性行为的例子包括,北大西洋的快速环流变化以及与地球生态系统变化有关的多种反馈。

陆龙骅译自: *Climate change* 1995, *The Science of Climate Change*, Houghton J. T. et al (eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1996 卞琪校