

# 气候变化 2007

## 自然科学基础

---

### 决策者摘要

政府间气候变化专门委员会第一工作组的报告

和

### 技术摘要

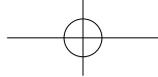
政府间气候变化专门委员会第一工作组接受但未经详细批准的报告

以及

### 常问的问题

---

政府间气候变化专门委员会  
第四次评估报告  
第一工作组的报告(部分)



# 气候变化 2007

## 自然科学基础

编辑

**Susan Solomon**

IPCC第一工作组,  
联合主席

**秦大河**

IPCC第一工作组,  
联合主席

**Martin Manning**

IPCC第一工作组  
技术支持小组组长

**Melinda Marquis**

**Kristen Averyt**

**Melinda M.B.Tignor**

**Henry LeRoy Miller, Jr.**

IPCC第一工作组, 技术支持小组

**陈振林**

中国气象局

© 政府间气候变化专门委员会 2007

第一次出版 2007

ISBN 92-9169-521-1

封面图片:

蓝色星球的东西半球。这些图像把陆地、海洋、海冰和云融为一体,从视觉上展现了地球的气候系统。这两张图像基于TERRA和AQUA卫星搭载的NASA的MODIS传感器(中等分辨率光谱辐射成像仪)从空间观测到的地球观测资料。这些图像是蓝色星球数据集的一部分,并可通过<http://bluemarble.nasa.gov>网址索取。关于这些图像的详细内容,Stockli,R., Vermote, E., Saleous, N., Simmon, 和R. Herring, D(2006)在其专题文章中作了阐述。真实色彩地球数据集还包括了季节动力过程。EOS, 87(5): 49, 55。

## 前言

作为六年中第一个关于全球气候变化科学评估的重要报告，“气候变化2007——自然科学基础”立刻引起了决策者和公众的关注。本报告证明，目前我们对气候系统及其对温室气体排放敏感性的科学认知比以往更加丰富和深入。报告还描述了动态研究领域的情况，该领域将使读者对未来的气候变化有更加深入透彻的了解。

本报告的严谨度和信誉在很大程度上源于政府间气候变化专门委员会（IPCC）的独特性。1988年，世界气象组织和联合国环境规划署共同创建了IPCC，它既是一个政府间机构，也是一个由世界上主要的气候变化科学家和专家组成的网络。

作为本报告主体的各个章节阐述了科学家对其各自领域中最新科学知识所作的评估。各章节由30多个国家的152位主要协调作者和主要作者撰写，并经600多位专家审核。一大批政府评审人员也提出了评审意见。

决策者摘要已被来自113个国家的政府官员接受，这表明他们认知并拥有整个基础报告。正是专家和政府共同开展的评审工作，才使IPCC有了力量的源泉。

IPCC并不从事新的研究。而是负责对气候变化在科学、技术和社会经济方面的现有全球文献作出政策相关性——与政策倾向性截然不同的评估。其以前的评估报告促进了各国政府批准和实施联合国气候变化框架公约和京都议定书。本报告还与各国为共同应对气候变化的挑战而考虑对策方案密切相关。

气候变化2007——自然科学基础是IPCC第四次评估报告的首卷。第二卷侧重于气候变化的影响、脆弱性和适应方案，而第三卷对减缓机遇和成本作了评估。第四卷提供了有关IPCC总体成果的综合报告。

自然科学基础是通过世界主要气候科学家的奉献精神 and 自愿辛勤工作完成的。我们谨向所有主要协调作者、主要作者、撰稿作者、评审编辑和评审人员表示感谢。我们还谨感谢第一工作组技术支持小组和IPCC秘书处的工作人员，感谢他们致力于协调编写了IPCC的又一个成功的报告。

许多国家的政府均支持其所在地的科学家参与IPCC的工作，并为IPCC信托基金捐款，因此也确保了发展中国家及经济转型国家的专家参与其中。意大利、中国、新西兰和挪威等国政府承办过起草会议，而法国政府承办了最后一次全会，会上通过并接受了本报告。美利坚合众国的政府为第一工作组技术支持小组提供了资金支持。

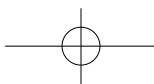
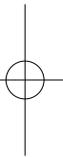
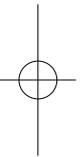
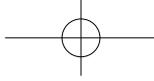
最后，我们谨在此感谢IPCC主席R.K.Pachauri博士，感谢他对IPCC所给予的出色指导和孜孜不倦以及擅长有方的指导，我们还感谢第一工作组两位联合主席Susan Solomon博士和秦大河教授，感谢他们在编写本报告过程中对第一工作组的高超领导。



米·雅罗  
世界气象组织  
秘书长



阿·施泰纳  
联合国环境规划署  
执行主任



# 序

IPCC第四次评估报告（AR4）第一工作组的报告对气候变化自然科学作了全面的评估，并继第一工作组的上次评估之后，继续拓宽了自然科学的视野。本报告呈现的评估结果建立在自IPCC第三次评估报告完成以来的大量科学文献以及扩充后的资料集、最新分析和更先进的气候模拟能力基础之上。

本报告的编写依然沿用IPCC为历次评估报告所制定的规则和程序。本报告的大纲曾在2003年11月召开的IPCC第21次全会上通过，并在2004年4月举行的IPCC主席团第31次会议上接受了各主要作者的提名。作者们编写的草案历经两轮的评审和修改，有650多位专家以及各国政府和国际组织提供了3万多份书面意见。各章节的审编确保了所有收到的大量政府和专家的评审意见均会得到适当的考虑。决策者摘要已经过逐行批准，而且主报告的各章节在2007年1月29日-2月1日召开的IPCC第一工作组第10次会议上被接受。

## 本报告的范围

第一工作组的报告主要侧重于与决策者密切相关的、目前对气候变化自然科学认知的方面。本报告并非试图评述科学认知的过程或触及气候科学的方方面面。此外，本次评估报告基于作者在2006年中期所得到的有关科学文献，读者应认识到，报告中的某些论题也许会出现更快速的发展。

近期气候变化研究的一个特点是目前气候系统各部分的观测范围有所拓展，包括大气、海洋和冰雪圈。补充观测和最新的分析提高了我们的认知水平，并能够减少许多不确定性。新的信息也在某些领域带来了一些新的问题，如：冰盖出现了意外的变化，及其对海平面上升的潜在影响，以及气候变化与地球生物化学之间复杂的相互作用所产生的影响。

在研究未来气候变化的预估方面，本报告是依照IPCC在AR4划定范围期间所作出的各项决定并根据有关使用IPCC以前评估过的排放情景的批准程序，以便在3个工作组之间保持一致性。然而，与气候稳定性相关的新的气候模式信息的价值也予以承认。为了论述这两个论题，各气候模拟小组开展了气候模拟，其中包括在大气成分稳定的状态下进行的理想化试验。通过结合气候模式集合模拟，包括针对20和21世纪的多模式计算，本次评估已能够考虑更多的模拟结果，其数量远远超过任何以往的气候变化评估。

IPCC气候变化影响评估，以及应对或避免此类影响的方案评估，分别由第二和第三工作组完成，因此本报告不再赘述。尤其是，虽然第一工作组的报告阐述了一系列与历次报告相一致的排放情景的结论，但是对未来排放合理范围的最新评估只能由

第三工作组来完成。

## 本报告的结构

第一工作组的评估首次包括了一个介绍章节，第1章。此章包含气候变化科学的进展情况，包括概述气候变化科学采用的方法、气候模式的作用和处理不确定性的进展。

第2章和第7章包括影响大气辐射能量平衡以及决定地球气候的大气成分变化（气体和气溶胶）。第2章根据观测到的大气变化描述了未来的前景，本章还包括了辐射强迫的核心概念。第7章通过研究影响大气成分与气候变化的地球生物化学循环之间的相互作用（包括气溶胶/云的相互作用），来对此概念加以补充。

第3、4和5章包括目前可分别用于大气和地表、积雪、冰和冻土以及海洋的广泛观测。虽然观测到的气候系统这些部分的变化在整个物理过程中密切相关，但其它各章可以更多地侧重于评估可用的资料及其不确定性，包括卫星遥感资料。第5章包括观测到的海平面变化，同时确认了这些变化与海洋热容量之间密切相关的相关性。

第6章介绍了古气候视角，评估了过去气候变化的证据，以及目前科学对此的认知程度。这一章包括了对重建过去1300年的温度所作的最新评估。

第8章包括气候模式模拟各种自然过程的方式，以及对照观测到的气候对模式进行评估，包括其平均状态和变率。第9章包括与观测到的气候变化的不同归因（如自然和人为）密切相关的问题。

第10章包括用于全球气候预估的各类气候模式，包括其不确定性。本章展现了未来温室气体不同排放水平的后果，对自然气候系统的一系列响应以及与此类响应相关的时间尺度和惯性作了概率评估。第11章包括与全球气候变化预估相一致的区域气候变化预估。本章还包括在各区域层面评估模式的可靠性以及对区域尺度气候变化有显著影响的各种因子。

本报告的决策者摘要（SPM）和技术摘要（TS）是采用并列结构，二者相互交叉穿引主报告中有关章节，以查阅相关具体材料。因此，本报告的摘要部分为整个报告的内容提供了一个路线图，鼓励读者照此方式使用决策者摘要和技术摘要。

本报告的一个新意是纳入了19个常问的问题，其中作者对一系列普遍的问题作出了科学的解答，这对于普遍教学目的大有裨益。最后，本报告附带大约250页的补充材料，该材料曾连同各章节的草案一并经过审阅，本报告被制作成CDRom光盘及网络版本，以提供更详尽的内容，如：各气候模式的结果等。

## 本报告及相关章节中所论及的一些重要的与政策相关的问题

问题	章节
自IPCC建立以来，气候变化科学取得了多大的进展？	1
对自然和人为因素导致的气候变化及相关基本过程了解多少？	2, 6, 7
在器测时期是如何观测到气候变化的？	3, 4, 5
在器测时代之前，对几百至几百万年时间尺度的古气候变化及成因过程了解多少？	6, 9
我们对人类和自然造成的近期气候变化了解多少？利用气候模式模拟气候变化的能达到什么程度？	8, 9
如何预测未来全球和区域气候变化？	10, 11
对过去的和预估的海平面变化了解多少？，包括对冰川和冰盖的作用了解多少？	4, 5, 6, 10
极端事件（如暴雨、干旱和热浪）在变化吗？未来它们为什么以及如何变化？	3, 5, 9, 10, 11

### 鸣谢

本评估报告很大程度上得益于国际气候科学界的精诚合作以及世界气象组织气候研究计划（WCRP）和国际地圈生物圈计划（IGBP）的协作。我们特别要感谢来自全球14个气候模拟组的个人及机构的鼎力支持，同时感谢气候模式诊断和比对计划（PCMDI）承担前所未有的大量气候模式产品（超过30万亿字节）的存档和分发工作，从而能够在目前的气候模式间进行更为细致的比较，并且对长期气候变化的潜在性进行了比以往能更全面的评估。

我们必须强调指出，本报告完全凭借主要协调作者、主要作者的专业知识、勤奋努力和自始至终的奉献精神，并得到了许多贡献作者的大力协助。此外，我们谨向评审专家所做的工作表示诚挚的谢意，并对所收到的大量具有建设性意见的价值表示肯定。我们的编审人员在协助作者整理上述意见的过程中起到了同样重要的作用。

第一工作组办公室的Kansri Boonpragob, Filippo Giorgi, Bubu Jallow, Jean Jouzel, Maria Martelo和David Wratt在协助选择作者和指导本报告大纲起草方面起到了编辑委员会的作用。他们向本工作组的两位联合主席提供了积极支持，我们对此表示非常感激。

我们诚挚地感谢四次主要作者会议的东道主和组织

者，这些会议对编写本报告非常必要，同时我们非常感谢意大利、中国、新西兰和挪威国政府及其机构所给予的支持。Marc Gillet先生通过法国政府的慷慨支持，使第一工作组终审会议得以举办，本次会议得到了WMO会议官员Francis Hayes的大力帮助。

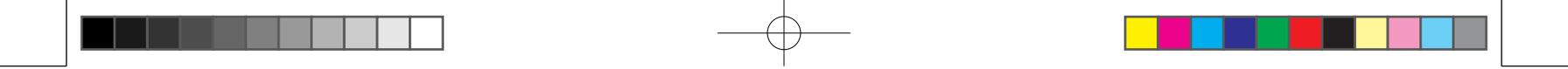
感谢第一工作组技术支持小组工作人员Melinda Marquis, Kristen Averyt, Melinda Tignor, Roy Miller, Tahl Kestin 和 Scott Longmore 的辛勤工作，他们同时也得到了陈振林、Barbara Keppler, Mary Ann Pykkonen, Kyle Terran、Lelani Arris 和 Marilyn Anderson 的得力帮助。非常感谢Michael Shibao和Paula Megenhardt 在图表编辑和文字排版方面的支持。我们感谢Reto Stockli为本报告封面所提供从太空拍摄的地球图像。同时还谨对David Wratt, David Fahey 和 Susan Joy Hassol 协助联合主席组织和编辑“常问的问题”表示谢意。我们还谨向IPCC秘书Renate Christ, 秘书处工作人员刘健、Rudie Bourgeois, Annie Courtin 和 Joelle Fernandez表示感谢，他们为与政府联络以及为发展中国家和经济转型国家的专家的差旅提供了后勤保障。

Rajendra K. Pachauri  
IPCC 主席

Susan Solomon  
IPCC第一工作组联合主席

秦大河  
IPCC 第一工作组联合主席

Martin Manning  
IPCC WGI TSU 组长



# 目录

---

前言

序

决策者摘要 1

技术摘要 19

TS.1 引言 21

TS.2 人为和自然气候驱动因子的变化 21

TS.3 气候变化观测 35

TS.4 气候变化认知及归因 58

TS.5 未来气候变化预估 66

TS.6 确凿的发现和关键不确定性 81

常问的问题 93

FAQ 1.1 那些因子决定地球的气候? 94

FAQ 1.2 气候变化和天气之间有何关系? 96

FAQ 1.3 什么是温室效应? 98

FAQ 2.1 人类活动如何引起气候变化及其与自然影响相比如何? 100

FAQ 3.1 地球和温度正在发生怎样的变化? 103

FAQ 3.2 降水正在发生怎样的变化? 105

FAQ 3.3 热浪、干旱、洪水和飓风等极端事件是否发生了变化? 107

FAQ 4.1 地球上的冰雪量是否正在减少? 109

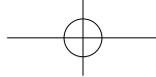
FAQ 5.1 海平面在上升吗? 111

FAQ 6.1 工业化时代之前出现冰期和发生其它重要气候变化的原因是什么? 112

FAQ 6.2 与地球历史上的早期变化相比, 当前的气候变化异常吗? 114

FAQ 7.1 工业时代大气中二氧化碳和其他温室气体的增加是人类活动引起的吗? 115

FAQ 8.1 用来预估未来气候变化的模式可靠性如何? 117



FAQ 9.1	温室效应变暖能解释个别极端事件吗?	119
FAQ 9.2	能用自然变率解释20世纪的变暖吗?	120
FAQ 10.1	热浪、干旱或洪水这类极端事件会因地球气候变化而变化吗?	122
FAQ 10.2	像冰盖损失或全球海洋环境变化这类重大气候变化或气候突变的可能性有多大?	123
FAQ 10.3	如果温室气体减排, 温室气体在大气的浓度下降得有多快?	125
FAQ 11.1	能够预估不同区域的气候变化吗?	127
附录 I:	术语表	129

