

科技部应对气候变化科技专项资助
中国气象局气候变化专项资助



中国科协科普专项资助

气候变化与人类 ——事实、影响和适应

林而达/主编

气候变化与低碳发展·知识读本



孙鸿烈/总主编

學苑出版社

气候变化与低碳发展·知识读本

总主编 孙鸿烈



气候变化与人类 ——事实、影响和适应



主 编 林而达

副主编 陈敏鹏 李迎春



学苑出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

气候变化与人类——事实、影响和适应 / 林而达主编.

—北京: 学苑出版社, 2010. 11

(气候变化与低碳发展·知识读本 / 孙鸿烈主编)

ISBN 978 - 7 - 5077 - 3683 - 0

I. ①气… II. ①林… III. ①气候变化 - 研究 IV. ①P467

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 214858 号

气候变化与低碳发展·知识读本

特邀编辑: 冯雪华 游雪晴 罗晖 于小晗 孙晓华

责任编辑: 刘 涟 杨 雷

封面设计: 艾博堂文化

出版发行: 学苑出版社

社 址: 北京市丰台区南方庄 2 号院 1 号楼

邮政编码: 100079

网 址: www.book001.com

电子信箱: xueyuan@public.bta.net.cn

销售电话: 010 - 67675512、67678944、67601101 (邮购)

经 销: 新华书店

印 刷 厂: 北京信彩瑞禾印刷厂

开本尺寸: 787 × 1092 1/16

印 张: 9

印 数: 3500 册

版 次: 2010 年 11 月第 1 版

印 次: 2010 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

气候变化与低碳发展·知识读本

编委会

主 任：孙鸿烈

副主任：秦大河 陈宜瑜

委 员：（按姓氏笔画排序）

丁一汇 任阵海 吴国雄 何建坤 林而达 周大地
郑 度 胡敦欣 姚檀栋 巢纪平 葛全胜 蒋有绪
童庆禧 潘家华

序 一

(全国政协副主席、科技部部长)

气候条件是万物赖以生存的关键因素之一，全球气候变化影响到人类社会的方方面面。应对气候变化事关人类的生存环境和各国的繁荣发展，是国际社会共同面临的任务和挑战。目前这个问题已上升到一个史无前例的战略高度，成为影响国际政治、经济和发展的重大问题，成为国际社会关注的焦点。

我国现正处于工业化、城市化加速发展的关键阶段，面临着生产力水平总体还不高，产业结构不合理，城乡、区域发展不平衡，长期形成的结构性矛盾和粗放型增长方式尚未根本改变，经济社会发展与资源、环境有限承载能力的矛盾日益尖锐等问题。同时现有研究表明，气候变化已经对中国产生了一定的影响，造成了沿海海平面上升、冰川面积减少、春季物候期提前等情况。近年来发生的极端气候灾害给国民经济造成的损失巨大，而且未来气候变化将继续对中国自然生态系统和经济社会系统产生重要影响。这些情况使我国应对气候变化面临的困难更加严峻。

科学技术是应对全球气候变化问题的基础和根本手段之一，科技进步和科技创新是减缓温室气体排放，提高气候变化适应能力的有效途径。深入研究应对气候变化相关的科学技术问题，依靠科技进步大力发展低碳技术和战略性新兴产业，培育新的经济增长点，促进发展方式转变和经济结构调整，充分发挥科技进步在减缓和适应气候变化中的先导性和基础性作用，为应对气候变化、增强可持续发展能力提供强有力的科技支撑，是我们应对气候变化的必然选择。

我国政府一直高度重视并不断促进应对气候变化的科技支撑能力的提高。首先是加大投入力度，推进技术研发。重点围绕节能和提高能效、可再生能源和新能源的开发利用、清洁能源汽车、清洁生产、资源综合利用、环境保护以及二氧化碳

捕集、封存和再利用等方面，组织有一批重大项目；“十一五”以来，投入科研经费达 130 多亿元。二是组织实施重大科技示范工程。推动节能减排和新能源技术在北京奥运会和上海世博会期间的示范应用，会同相关部门实施推动了高效半导体照明的“十城万盏”，电动汽车规模应用的“十城千辆”，推动太阳能并网发电应用的“金太阳”等节能和新能源示范工程，有力地促进了太阳能、风能、新能源汽车、半导体照明等技术的规模化应用和产业化。示范工程使社会大众能够了解新的技术、新的产品，为他们带来新的服务和新的经济发展方向。三是组织实施应对气候变化科技专项和全球变化研究重大科学研究计划。重点围绕全球气候变化科学问题，加强基础研究，特别是人类适应气候变化的战略与对策等方面的研究，强化科技支撑，为政府决策提供科学依据。四是大力开展应对气候变化国际科技合作。应对气候变化与绿色发展是全球共同面临的重大选择，需要世界各国共同努力。目前，中国科技部已与 97 个国家签署了 103 个科技合作协定，将气候变化和环境保护等领域列为双边科技合作的优先合作领域，一系列合作研究课题正在有效实施之中。五是营造良好政策环境。科技部联合有关部门制定并发布了《节能减排全民科技行动实施方案》《节能减排科技专项行动》《中国应对气候变化科技专项行动》等一系列促进应对气候变化技术发展的政策和措施。这些科技工作既提高了应对气候变化方面的创新能力，又为低碳绿色发展提供了有力科技支持，取得了显著成效。

系统总结我国近年来应对气候变化科学研究成果，服务于政府决策和专家学者的进一步研究，促进相关研究成果在各个层面的广泛应用，是一项艰巨而又十分重要的任务。感谢孙鸿烈院士挑起了这一重担，组织专家学者编写的这套关于“气候变化与低碳发展”的知识读本，介绍了应对气候变化的科学技术问题及相关进展，总结分析了应对气候变化所面临的严峻挑战和战略机遇以及相应的政策选择。我相信这套知识读本的出版，在当前的形势下具有里程碑意义；将有助于全社会对气候变化问题有更加系统、全面的认识，将进一步推动我国应对气候变化的科学决策以及相关研究和公众意识的提高。

序 二

(国家环境咨询委员会副主任、国家气候变化专家委员会首届主任)

1990 年以来, IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会) 相继发布了四次评估报告, 全面介绍了应对气候变化的研究进展, 为国际社会提供了比较权威的科学信息。IPCC 评估报告表明, 气候变化的方式, 尤其是变率已经超出了自然变化的幅度, 人类活动是气候变暖的主要驱动因素。IPCC 的这一结论得到了国际社会的认可。尽管气候变化的科学认知尚存在不确定性, 但减少人类活动对气候系统的干预、应对气候变化应该是我们今后的重要行动。

应对气候变化需要从不同角度和层面推动。为了增进社会认知, 需要一套全面系统、深入浅出、通俗易懂的书籍, 阐述气候变化的历史、现在和未来趋势, 以及气候变化的成因、影响和对策。为此, 国家气候变化专家委员会组织国内从事气候变化相关领域研究的专家学者, 编撰了由 5 个分册组成的“气候变化与低碳发展”知识读本。有关气候变化观测、评估、影响与适应等内容, 主要反映在《气候变化——我们身边的科学问题》和《气候变化与人类——事实、影响和适应》中; 与社会发展、协同减排相关的发展路径选择以及关键技术应用等内容, 在《低碳发展——应对气候变化的必由之路》和《公民行动——气候变化中的人类自觉》中进行了论述。为了帮助读者扼要了解气候变化研究所涉及的相关问题, 我们编撰了综合卷《低碳转型——践行可持续发展的根本途径》。

为了确保编写质量, 来自不同学科的 17 位院士和专家组成了编委会。该套知识读本在编写、出版过程中, 获得了科技部、中国科学技术协会、中国科学院和中国气象局的指导和帮助, 在此, 表示衷心的感谢。

我们希望这套知识读本的出版发行, 能有助社会各界对气候变化问题的进一步了解, 引导气候友善的生产和消费行为, 加速低碳发展进程, 为促进人类社会可持续发展作出贡献。

前 言

全球气候变化已经成为人类面对的一个重要挑战，它将对自然生态和社会经济的各个方面产生长期、显著的影响。气候变化既有正面影响，也有负面影响，但是其负面影响更值得关注。相关研究指出，当温度上升到一定程度时，气候变化的影响将以负面为主，生态系统的平衡将受到威胁，粮食安全难以得到保障，从而深刻影响人类社会的可持续发展。

因此，气候变化如同悬在人类头上的“达摩克利斯之剑”，将威胁着人类的生产和发展。对中国而言，提高人们对气候变化影响的意识、增强适应气候变化的能力建设、加强防灾减灾能力，建立重大气象灾害的监测、预测和应急保障系统，可把由气候变化可能造成的损失降到最低，从而有效地保持社会稳定、减少损失和人员伤亡。本书作为一本科普读物，用尽量平实的语言总结了气候变化对生态系统、水资源、农业、海洋和海岸带、人体健康各领域和各区域观测到和可能的未来影响，并提出了我们可能的适应选择，旨在促进人们了解气候变化的影响和适应措施，增强人们应对气候变化的意识。



目 录

序一/万 钢

序二/孙鸿烈

前 言	1
-----------	---

气候变化的事实与影响

一、气候变化的原因	1
二、气候变化的事实	2
(一) 年平均温度明显上升	3
(二) 降水出现区域性与季节性不均衡变化	3
(三) 极端气候现象增多趋强	4
(四) 冰川消融导致海平面上升	4
三、气候变化的趋势	5
四、气候变化的影响	6
五、气候变化的适应对策	7

我们感受到的气候变化影响

一、气候变化对生态系统的影响	9
----------------------	---



(一) 物种的空间分布发生变化	9
(二) 种群特征发生变化	10
(三) 个体的生命事件发生变化	10
(四) 生态系统的结构、功能、价值和生产力发生改变	10
二、气候变化对水的影响	16
(一) 降水的变化	18
(二) 湖泊的变化	20
(三) 冰川的变化	22
(四) 水质水环境变化	24
三、气候变化对农业的影响	25
(一) 升温对作物生长发育和产量的影响	25
(二) 农业种植结构的变化	25
(三) 农业气象灾害	27
(四) 病虫害加剧	29
(五) 农业成本和投资需求增加	31
四、气候变化对海洋和海岸带的影响	31
(一) 海洋暖化、酸化与海平面升高的事实	32
(二) 沿岸土地被吞噬	33
(三) 加剧海岸侵蚀	35
(四) 海水入侵	37
(五) 风暴潮加剧	39
(六) 海洋生态系统受到威胁	41
(七) 海洋赤潮加剧	42
(八) 渤海、黄海北部海冰减少	43
五、气候变化对人体健康的影响	45
(一) 热浪	45
(二) 极端事件	46
(三) 空气污染	46
(四) 传染性疾病	47

六、气候变化对区域的影响 48

 (一) 华北地区 48

 (二) 东北地区 49

 (三) 华东地区 50

 (四) 华中地区 51

 (五) 华南地区 52

 (六) 西南地区 53

 (七) 西北地区 55

气候变化影响的发展趋势

一、气候变化对水供需影响的发展趋势..... 57

 (一) 对未来供水的影响 57

 (二) 对未来需水的影响 59

 (三) 气候变化对未来水资源供需平衡的影响 60

二、气候变化对粮食安全影响的发展趋势 60

 (一) 二氧化碳浓度升高对农作物的影响..... 60

 (二) 气温升高对农作物的影响..... 62

 (三) 土壤含水量变化对农作物的影响..... 62

 (四) 二氧化碳浓度和温度升高及干旱协同作用对农作物的影响 63

 (五) 气候变化对种植制度和种植区域的影响 64

 (六) 极端天气/气候事件与灾害天气对粮食产量的影响 66

 (七) 气候变化对农业投入的影响..... 67

 (八) 气候变化对中国未来粮食供应的影响 68

 (九) 气候变化通过土壤对农业的影响..... 70

 (十) 气候变化通过病虫害对农业的影响..... 70

三、气候变化对海平面上升影响的发展趋势 71

 (一) 海平面上升的估计 71

 (二) 沿岸低地淹没的可能 72



(三) 海岸侵蚀加剧	73
(四) 对河口盐水入侵的可能影响	74
(五) 加剧风暴潮灾害	74
(六) 增加沿岸洪水灾害可能	76
四、气候变化对生态影响的发展趋势	76
五、气候变化对人体健康的影响趋势	78
(一) 气候带改变对健康的影响	78
(二) 高温热浪影响健康	79
(三) 极端气象事件影响健康	79
(四) 海平面上升影响健康	80
(五) 其他健康影响	80
六、气候变化对区域影响的发展趋势	80
(一) 华北地区	80
(二) 东北地区	81
(三) 华东地区	82
(四) 华中地区	83
(五) 华南地区	84
(六) 西南地区	85
(七) 西北地区	86

我们如何适应气候变化

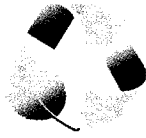
一、国内适应气候变化的典型案例	88
(一) 农业适应气候变化的典型案例	88
(二) 水资源适应气候变化的典型案例	89
(三) 自然生态系统适应气候变化的典型案例	90
(四) 基础设施建设适应气候变化的典型案例	91
二、国外适应气候变化的典型案例	91
(一) 南美高地前哥伦布社区的适应能力	91



(二) 非洲适应的传统知识系统.....	92
(三) 国际气候和水对话组织的适应经验.....	93
(四) 海岸带适应气候变化的经验.....	93
(五) 西班牙适应南部沙漠化	94
(六) 英国气候变化适应战略	94
(七) 加拿大气候变化适应战略.....	96
三、我国适应气候变化的成就和经验.....	97
(一) 农业	97
(二) 林业	97
(三) 水利	99

结 语

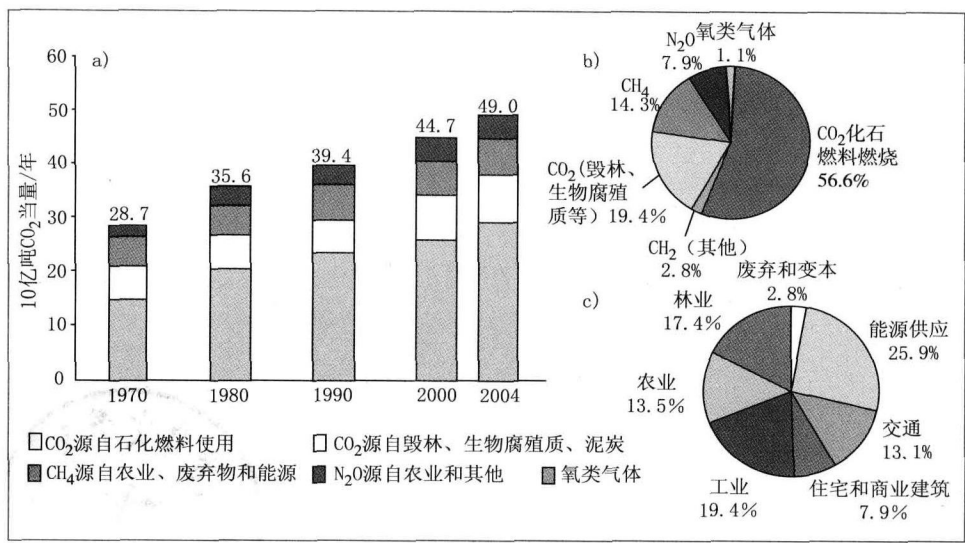
一、影响的不确定性	100
二、适应成本需求	101
三、需要进一步研究的工作	101
部分参考文献.....	102



气候变化的事实与影响

一、气候变化的原因

大气中温室气体（GHG）和气溶胶浓度、地表植被覆盖率和太阳辐射的变化都会改变气候系统的能量平衡，从而改变气候变化的正常变化规律。已有的大量科学事实证明全球气候的变化与温室气体浓度的增加存在着密切的相关性。IPCC 第四次评估综合报告指出，自工业革命以来，由于人类活动的影响，导致全球大气二氧化碳（ CO_2 ）、甲烷（ CH_4 ）和氧化亚氮（ N_2O ）浓度明显增加，目前已经远远超出了根据冰芯记录得到的工业化前几千年中的浓度值，其中在 1970—2004 年间增加了 70%。全球大气二氧化碳浓度的增加主要是由于化石燃料的使用，同时土地利用变化为此做出了一种显著但较小的贡献。已观测到的甲烷和氧化亚氮浓度的变化则主要是由于农业和化石燃料的使用造成的。IPCC 综合报告给出了各部门的温室气体排放量所占的比例（图表 1），化石燃料燃烧排放的二氧化碳量占总温室气体排放量的 56.6%，毁林、生物腐殖质的二氧化碳量占总温室气体排放量的 19.4%。2004 年农业排放的温室气体占人为排放的温室气体总量的 14%，其中农业排放了 84% 的二氧化氮和 47% 的甲烷，是非二氧化碳温室气体的重要排放源。



图表 1 全球人为温室气体排放量

资料来源：IPCC (Intergovernmental Panel On Climate Change). Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R. K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2007c.

二、气候变化的事实

在全球变暖的大背景下，中国近百年的气候也发生了明显变化。我国的气温也出现了升高的趋势。《国家气候变化评估报告》指出，20 世纪我国气候变化趋势与全球变暖的总趋势基本一致。近百年来观测到的平均气温已经上升了 0.5—0.8℃，其中最暖的时期出现在 20 世纪 90 年代，从地域分布看，西北、华北和东北地区气候变暖明显，长江以南地区变暖趋势不显著；从季节分布看，冬季增温最明显。从 1986 年到 2005 年，中国连续出现了 20 个全国性暖冬。2007 年成为近 60 年来最暖的一年。近百年来，中国年均降水量变化趋势不显著，但区域降水变化波动较大。中国年平均降水量在 20 世纪 50 年代以后开始逐渐减少，平均每 10 年减少 2.9 毫米，但 1991—2000 年略有增加。从地域分布看，华北大部分地区、西北东部和东北地区降水量明显减少，平均每



10 年减少 20—40 毫米，其中华北地区最为明显；华南与西南地区降水明显增加，平均每 10 年增加 20—60 毫米。除了温度和降水的变化，我国主要极端天气与气候事件的频率和强度出现了明显变化。华北和东北地区干旱趋重，长江中下游地区和东南地区洪涝加重。1990 年以来，多数年份全国年降水量高于常年，出现南涝北旱的雨型，干旱和洪水灾害频繁发生。另外，气候变化也导致了海平面的上升，我国沿海海平面年平均上升速率为 2.5 毫米（《气候变化国家评估报告》），略高于全球平均水平。我国气候变化的特点主要包括：

（一）年平均温度明显上升

我国近 100 年来年平均气温明显上升，达到 0.5—0.8℃，比同期全球增温平均值略高，近 50 年变暖尤其明显，主要发生在 20 世纪 80 年代中期以后（《中国西部生态环境变化与对策建议》）。如果年平均温度上升 1℃，大于或等于 10℃ 积温的持续日数全国平均可延长 15 天左右，这对于农作物生产来讲具有重要意义。

（二）降水出现区域性与季节性不均衡变化

温度的升高会加快地表水的蒸发，导致水循环加剧，暴雨出现的概率增加，虽然降水量很大，却不能得到有效利用。各地的降水量和蒸发量的时空分布也会显著改变。降水既会出现区域性不均衡变化，也会出现季节性不均衡变化，即在农作物最需要水的时候出现季节性干旱，从而给农业生产带来严重影响。根据近 25 年全国各观测站降水量数据，降水量的变化趋势分布具有明显的区域特征：在西北的新疆和祁连山地区、东北的东部和西部地区、青藏高原的东南部及华东 6 个地区的降水量有明显的增加趋势。在西北中部，青藏高原西南部、华中的广大地区至华北地区和东北中部 4 个地区的降水量有明显的减少趋势。其中华中—华北地区降水量的减少趋势无论在范围和强度上都非常显著（《中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析》）。气候变化将加剧海滦河流域、黄河流域及淮河流域的缺水，对社会经济产生严重影响，特别是对农业生产影响重大。

过去的概念是中国西北部缺水，今后在中国南方也可能出现季节性干旱，水资源短缺将成为一个严峻的问题。例如，2004 年我国南方出现 50 年一遇的



特大干旱，长江中下游广大地区在半年的时间里持续干旱少雨，部分地区出现了伏秋连旱或秋冬连旱，仅广东一省因旱灾造成的农业经济损失就达到 14 亿元。

（三） 极端气候现象增多趋强

极端气候现象指一些在特定地区 and 时间的罕见事件，极端气候现象的罕见程度一般相当于观察到的概率密度函数小于 10%，这些极端气候现象包括干旱、洪涝、低温暴雪、飓风、致命热浪等。世界气象组织指出，极端天气事件的发生和全球变暖有关，也是气候变化的表现方面之一。在全球气候变暖的总趋势下，大气的环流特征和要素发生了改变，引发复杂的大气—海洋—陆面相互作用，大气水分循环加剧，气候变化幅度加大，不稳定因素增多，导致这些小概率、高影响天气气候事件的发生机会增加（《黄土高原地区农业生产对气候变化的脆弱性分析》）。气候变化背景下，极端气候事件发生频率、持续时间和分布发生变化，这对农业生态系统的影响往往超过了气候平均变率所带来的影响（《气候变化对作物产量影响的研究进展》）。

以 2007 年为例。这一年，中国部分地区气候异常，极端天气气候事件频繁，气象灾害多发并发。夏季，淮河流域发生特大暴雨洪涝；受暴雨影响，多个大城市出现严重内涝；北方地区出现历史罕见秋雨。之前，北方地区还发生大范围春旱；东北出现严重夏伏旱；江南、华南遭遇严重高温伏旱和 50 年一遇特大秋旱。热带气旋登陆多，死亡人数少，强台风“圣帕”、“韦帕”和“罗莎”给南方多省带来严重损失。初春，辽宁、山东遭遇罕见暴风雪（雨）。局地强对流天气频发，雷击灾害伤亡重。春季，北方地区沙尘天气少，但出现时间集中。总体上看，2007 年干旱面积偏大、暴雨洪涝损失重、城市内涝频发、雷击灾害伤亡多，气候年景中等偏差。

（四） 冰川消融导致海平面上升

在内陆地区增温造成冰川退缩导致雪线上升，在南极冰川逐步融化、冰架面临坍塌，而北极冰帽正在持续消融中，漂浮在北冰洋上的成年厚冰块不断融化，这些因素再加上海水受热膨胀将会使海平面上升。2007 年 3 月，113 个国家的科学家在巴黎发布的报告预测，到 21 世纪末，如果人类不采取措施，海