

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

低碳转型

——践行可持续发展的根本途径

潘家华/主编

气候变化与低碳发展·知识读本



孙鸿烈/总主编

学苑出版社

气候变化与低碳发展·知识读本

总主编 孙鸿烈



低碳转型

——践行可持续发展的根本途径



主 编 潘家华

副主编 王 谋

学苑出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

低碳转型——践行可持续发展的根本途径 / 潘家华主编.
——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 - 3682 - 3

I. ①低… II. ①潘… III. ①气候变化 - 影响 - 经济发展: 可持续发展 - 研究 IV. ①F061. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 214861 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](http://www.book001.com)

电子信箱: [xueyuan@ public. bta. net. cn](mailto: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: 13. 5

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: 40. 00 元

序 一

丁刚

(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 and 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。



目 录

序一/万 钢

序二/孙鸿烈

应对气候变化的科学与政治属性

一、应对气候变化的科学内涵	1
(一) 减缓气候变化的科学内涵	1
(二) 适应气候变化的科学内涵	6
二、应对气候变化的公平问题	11
(一) 减缓气候变化的公平问题	11
(二) 适应气候变化的公平问题	14
三、应对气候变化的国际合作	16
(一) 国际合作的发展历程	16
(二) 国际合作中科学与政治的妥协	18
四、融气候变化于可持续发展	23
(一) 气候变化与可持续发展之间的关系	23
(二) 融气候变化于可持续发展：国际社会的努力	25
(三) 融气候变化于可持续发展的政策框架	26
(四) 融气候变化于可持续发展：中国的机遇与政策	27



气候变化的科学认知

一、温室气体与气候变化	31
(一) 大气中的温室气体	32
(二) 温室气体浓度的增加	33
(三) 气候变化的科学观测	34
(四) 气候变化是否符合气候系统自然演化规律	36
二、全球升温的直接后果	37
(一) 大气变化	37
(二) 冰雪圈的变化	39
(三) 海平面的变化	41
(四) 极端气候事件	43
三、人类活动是否是气候变化的主要原因	44
(一) 气候变化归因研究	44
(二) 人类改变气候的主要方式	46
四、预估气候变化的可能影响	49
(一) 预估气候变化影响的主要方法	49
(二) 预估气候变化需要考虑的主要因子	49
(三) 主要排放情景	50
(四) 预估气候变化的可能影响	51
五、科学认知的不确定性	53
(一) 不确定性的主要含义	53
(二) 不确定性的分类	54
(三) 正确认识和对待科学的不确定性	55

适应变化中的气候

一、适应是必要的选择	57
(一) 什么是适应	58



(二) 为什么需要适应	59
(三) 适应的主要领域	61
(四) 适应的主要方式	63
二、社会经济系统是否更脆弱了	65
(一) 社会经济发展面临的气候风险加大	66
(二) 气候风险暴露人口不断增多	68
(三) 资源与环境基础日益削弱	69
(四) 气候变化风险下的脆弱部门	70
三、适应气候变化的目标选择	74
(一) 减小脆弱性	75
(二) 增强适应能力	76
(三) 促进可持续发展	77
(四) 促进全球环境保护	80
四、适应气候变化的政策与行动	81
(一) 国际社会推动适应行动的努力	82
(二) 发达国家的适应行动	83
(三) 发展中国家的适应行动	85
五、适应气候变化的政策需求	87
(一) 适应的政策设计	88
(二) 将适应纳入发展战略	89
(三) 适应的资金机制	89
(四) 适应能力建设	90

协同减排与发展

一、温室气体排放的国际格局	91
(一) 全球二氧化碳历史排放轨迹(1860—1990)	91
(二) 全球二氧化碳现状排放格局与未来趋势	94
二、稳定温室气体浓度的减排目标	98
(一) 《公约》目标	98



(二)《京都议定书》2008—2012 年各国和各国家集团减排目标	99
(三) 稳定温室气体浓度目标	100
(四) 稳定温室气体浓度 450ppm 的经济可行性分析	102
三、低碳发展的经济和技术分析	103
(一) 碳排放的社会经济驱动因子	104
(二) 低碳的选择与调控潜力	106
(三) 低碳发展的约束因子分析	108
四、温室气体减排与经济发展的协同	111
(一) 减缓气候变化成本与收益分析	111
(二) 温室气体减排与发展协同技术	112
(三) 温室气体减排与发展的协同分析	114
(四) 以发展促进减排	116
五、温室气体减排的主要行业及减缓气候变化的政策选择	118
(一) 温室气体主要减排行业、成本和潜力分析	118
(二) 减缓气候变化的政策选择	120

人类应对气候变化的理性进程

一、国际气候谈判进程	122
(一) 国际气候公约——气候谈判进程中第一座里程碑	122
(二)《京都议定书》——气候谈判进程中第二座里程碑	125
(三)《巴厘行动计划》——气候谈判进程中第三座里程碑	126
二、联合国其他机构推动国际合作的努力	127
(一) 联合国秘书长的外交斡旋	127
(二) 联合国大会	128
(三) 联合国各机构的努力和整合	128
(四) 调动企业力量	129
三、《公约》框架外的国际多边合作机制	130
(一) 八国集团峰会 (G8)	130
(二) 其他多边和双边合作机制	131



四、国际气候政治格局与利益纷争	131
(一) 国际气候政治格局	131
(二) 各方在关键问题上的利益纷争	133
五、非国家实体促进全球减排的行动	142
(一) 非政府组织	142
(二) 企业(联盟)	143
(三) 国内地方政府	144
(四) 国会的气候变化立法	145
六、墨西哥坎昆会议	146

迈向低碳社会

一、低碳社会是历史发展的必然趋势	150
(一) 人类利用能源的阶段特征	150
(二) 低碳社会是历史发展的必然选择	155
二、世界各国迈向低碳社会的措施和行动	156
(一) 欧盟引领低碳时代	156
(二) 日本倡导建立“低碳社会”	157
(三) 美国推进低碳能源技术开发和应用	160
三、社会发展方式的低碳化	161
(一) 生产方式的低碳化	161
(二) 生活方式的低碳化	164
四、低碳社会建设的前景与展望	167
(一) 能源结构的调整	167
(二) 经济结构优化	169
(三) 提高能源效率	171
(四) 增强碳汇潜力	173
部分参考文献	175
缩写缩略语	180



应对气候变化的科学与政治属性

全球气候变化，涉及环境、经济、移民、粮食安全等众多人类可能面临的棘手问题，是当前倍受国际社会关注的一个重大议题，对人类社会的可持续发展带来严峻的挑战。为应对全球气候变化，以 1988 年政府间气候变化专门委员会的成立为标志，人类开始不断加强在气候变化方面的科学研究，相继发布了四次评估报告，为各国政府和国际社会提供了比较权威的科学信息，同时也推动了国际社会之间的合作和政府间谈判的进行。与此同时，应对气候变化也由早期探寻导致气候变化的原因、寻求减少温室气体排放的途径等科学问题和环境问题，逐渐发展演变为一个涉及各国社会、经济、政治和外交的国家利益问题。各国为了维护自身的利益，展开了旷日持久的谈判和针锋相对的斗争。将应对气候变化融入可持续发展之中，建设低碳社会正成为国际社会特别是发展中国家政府倡导和厉行的一项政策。

一、应对气候变化的科学内涵

减缓和适应气候变化是应对气候变化挑战的两个有机组成部分。对于广大发展中国家来说，减缓全球气候变化是一项长期、艰巨的挑战，而适应气候变化则是一项现实、紧迫的任务。

（一）减缓气候变化的科学内涵

减缓气候变化是指通过经济、技术、生物等各种政策、措施和手段，努力控制温室气体的排放或增加温室气体汇。联合国政府间气候变化专门委员会



(以下简称 IPCC) 第三工作组于 2007 年发布第四次评估报告《气候变化 2007: 减缓气候变化》决策者摘要及主报告, 该报告综合评估了 2001 年以来有关减缓气候变化的最新研究成果, 分析了中短期 (2030 年前) 和长期 (2030 年后) 温室气体的排放情景、减排潜力、成本范围, 以及稳定大气温室气体浓度水平的可能选择。

1. 温室气体排放趋势

研究表明, 自工业革命以来, 人类活动造成的温室气体排放是导致全球变暖的主要原因。《京都议定书》明确了 6 种温室气体: 二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、氧化亚氮 (N_2O)、氢氟碳化物 (HFC_s)、全氟化碳 (PFC_s)、六氟化碳 (SF_6)。以全球增温潜力计算, 2004 年温室气体排放总量比 1970 年增加了 70%, 比 1990 年增加了 24%。2004 年《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC, 以下简称《公约》) 附件 I 国家 (发达国家和经济转轨国家) 人口虽然只占全球总量的 20%, 但是温室气体排放却占全球总量的 46%。人口数量和人均能源消耗的增长是温室气体排放量增加的主要原因, 其中能源供应、交通、工业和土地利用变化等方面的排放量分别增加了 145%、120%、65% 和 40%。虽然能源强度在 1970—2004 年降低了 33%, 但还是无法抵消人均能源消费增加和人口数量上升 (分别增长了 77% 和 69%) 带来的排放增长。依据 IPCC 第三工作组 2000 年发表的排放情景专题报告中的估计, 在不考虑减排的情况下, 预计 2030 年相对于 2000 年, 全球温室气体排放量将增加 25%—90%。

2. 中短期减缓措施

各部门的减排技术和措施各不相同。在能源供应方面, 当前可以采取提高效率、减少煤炭使用、开发利用核能、热能和其他可再生能源等措施, 尽早实施碳捕获和埋存。在 2030 年前预计可采取的措施包括: 对燃煤发电设备实施碳捕获和存储, 利用先进的核能和潮汐能、太阳能等可再生能源; 对发展中国家的新能源结构进行投资, 对工业化国家的能源结构进行升级等。具体情况参见图表 1:



部门	现在	2030 年前
能源供应	改善能源供应及输送效率，煤改气的燃料转换，可再生热能及电力（以水力、太阳能、风力、地热及生物质能源发电）；热电联产；及早运用碳捕获与封存技术。	对燃气、生物质能源及燃煤发电设施采用碳捕获与封存技术；利用先进的核能；先进的可再生能源，包括潮汐和海浪能源、聚光太阳能及光伏发电系统。
交通	使用燃料效益更佳的机动车；混合动力车；较洁净的柴油车辆；生物燃料；由公路运输模式转为铁路及公共运输系统模式；非机动车（骑单车、步行等）；土地利用及交通规划。	使用第二代生物质燃料；效率更高的飞机；以更强更可靠的电池推动的先进电力及混合动力车辆。
建筑	高效照明和日光照明技术；高效电器及暖气和冷却设备；改良炉灶；改良隔热设备；直接和间接利用太阳能供暖和降温；选择制冷替代产品；氟化气体的回收及循环使用。	商业楼宇采用综合设计，例如安装智能仪，适时调控和监测能源消耗；安装太阳能光伏发电系统。
工业	采用效能更佳的终端电力设备；热能和电力回收；材料回收利用和替代；控制非二氧化碳温室气体的排放；采用流程具体明确的技术。	提高能源效率；对水泥、氨、化肥及钢铁生产采用碳捕获与封存技术；利用惰性电极制造铝产品。
农业	改善农作物及放牧地的管理，以增加土壤的固碳量；恢复已耕作的泥炭土壤及退化的土地；改善水稻耕种技术及牲畜和粪便管理，以减少甲烷排放；改进氮肥施用技术，以减少氧化亚氮的排放；种植专用能源作物，代替化石燃料；改善能源效益。	提高农作物产量的措施。
林业、森林	造林；再造林；林区管理；减少砍伐林木；林产品管理；利用林产品制造生物能源，代替化石燃料。	改良树木品种，以增加所产生的生物质和碳汇量；改进用以分析植物、土壤固碳能力及土地利用变化制图的遥感技术。
废弃物管理	回收垃圾焚烧发电；为有机废弃物进行堆肥；监测污水处理；对废物进行回收及尽早减少废弃物。	使用生物覆盖和过滤技术，维持甲烷的最佳氧化水平。

图表 1 近期及中期在市场上可提供的主要减缓技术和方法

资料来源：潘家华等《减缓气候变化的最新科学认知》

3. 长期的减缓措施

未来的减缓措施在很大程度上取决于全球长期平均升温的幅度和温室气体



浓度的稳定水平。2030 年以后，为稳定大气中温室气体浓度，温室气体年排放量需在一定时间后下降，稳定水平愈低，到达峰值后下降的速度愈快。图表 2 显示了不同浓度水平、平均升温幅度、排放水平到达峰值的时间，以及减排量。

二氧化碳浓度 (ML/m^2)	二氧化碳当量浓度 (ML/m^2)	与工业革命前 相比全球平均升温 的最佳估算/ $^{\circ}\text{C}$	二氧化碳排放峰值 年度	2050 年全球二氧化碳 排放变化/% (相对 于 2000 年排放)
350—400	445—490	2.0—2.4	2000—2015	-85—-50
400—440	490—535	2.4—2.8	2000—2020	-60—-30
440—485	535—590	2.8—3.2	2010—2030	-30—-5
485—570	590—710	3.2—4.0	2020—2060	10—60
570—660	710—855	4.0—4.9	2050—2080	25—85
660—790	855—1130	4.9—6.1	2060—2090	90—140

图表 2 不同气候变化情景下长期减缓目标估算

资料来源：潘家华等《减缓气候变化的最新科学认知》

从总体上看，减缓措施主要包括 4 个方面：改变生活方式，减少个人排放和提高效率；强化碳排放权价格机制，鼓励低碳生产与消费投资；建立激励科技创新的政策，通过金融、税收奖励与效率标准管制策略发展低碳能源科技；加强国际协议与合作，创建国际碳市场，发展国际减排合作机制，提高减排的成本有效性。目前已经实施的减缓政策和措施主要分为市场机制和政府干预。市场机制主要通过碳排放的市场定价来推动低碳产品和技术的开发利用。研究（《IPCC 第四次评估报告》）表明，在 2030 年前若把碳价提高到 20—80 美元/吨二氧化碳，2050 年之前提高到 30—155 美元/吨二氧化碳，就能够使 2100 年的温室气体浓度控制在 550ppm 左右的水平。政府干预主要是通过增加财政投入、制定能效标准等，在低碳技术的研发和应用等方面发挥作用。各部门可采取和利用的政策和措施各不相同，具体参见图表 3。



部门	对环境有效的政策与措施	主要的约束条件或机会
能源供应	减少化石燃料补贴； 对化石燃料征税或收取碳排放税； 对可再生能源技术供电采取保护性收购电价； 对清洁生产者给予补贴。	既得利益各方提出的反对意见可能会令有关措施难以实施； 在某些情况下适用于开拓低碳排放技术市场。
交通	对道路交通强制节油量、混合生物燃料及制定二氧化碳标准等措施； 对交通工具的购入、登记和使用，以及汽车燃油及道路和泊车等收费、征税； 通过土地使用规章和基础设施规划调整交通需求；对有吸引力的公共交通设施和非机动形式的交通工具投资。	若只涵盖部分车辆，成效会受到限制； 成效可能会因为收入增加而降低； 尤其适合那些正在建设交通基础设施的国家。
建筑	电器标准和能效标签； 建筑物法规和认证； 用电需求管理计划； 公共部门率先推行（包括采购）； 为能源服务公司提供激励措施。	需要定期修订所需标准； 对新落成建筑物具有吸引力但可能难以执行。 需要制定规章，使公用事业获益； 政府采购可扩大对节能产品的需求； 成功的因素：取得第三方融资。
工业	提供有关基准信息； 制定绩效标准； 补贴、税收减免； 可转让许可证、自愿协议。	在某些情况下适用于科技应用。 鉴于国际竞争，国家政策稳定极为重要。 可预计的分配机制及稳定的价格对投资者极为重要。 成功因素包括：清晰的目标、基准线情况、第三方参与设计和监督条文，以及政府与业界的紧密合作。
农业	为改善土地管理、保持土壤含碳量、有效使用肥料和灌溉的事宜提供财务激励及制定规章。	鼓励业界参与可持续发展，以产生增效作用； 减轻因气候变化而遭受的损失，借此消除实施方面的障碍。
林业/森林	在国家 and 国际层面提供财务激励，增加林地面积，减少砍伐树木及保育和管理林地； 制定和执行土地使用法规。	有关的制约因素包括：缺乏资金和土地产权。
废弃物管理	为改善废弃物和污水管理提供财务激励措施； 为可再生能源提供激励措施； 制定废弃物管理的规章制度。	可促进科技推广应用； 提供低成本的燃料； 配合执法，在国家层面应用更为有效。

图表 3 各部门采取的对环境有效的政策与措施

资料来源：潘宗华等《减缓气候变化的最新科学认知》

4. 减缓气候变化的成本

IPCC 第三次评估报告指出，决定减排总成本的最主要因素是为了达到一



个给定的目标而需要减排的量，大气中二氧化碳的浓度稳定在越低的水平，成本就越高，而且不同的基准线对减排的绝对成本有非常大的影响。在不考虑固碳等因素时，当稳定目标从 750ppm 降低到 550ppm 时，减排成本只有适度的增加，而稳定目标从 550ppm 降低到 450ppm 时，减排成本增加很大，除非基准情景中的排放水平很低。IPCC 第四次评估报告的研究表明，到 2030 年，使温室气体浓度（按二氧化碳当量计算）稳定在 445—535ppm 水平的宏观成本不到当年 GDP 的 3%，稳定在 535—590ppm 的成本只占当年 GDP 的 0.6%，成本并不大。到 2050 年，如果将温室气体浓度稳定在 445—535ppm 水平，宏观成本占当年 GDP 的比重将小于 5.5%；如果稳定在 550ppm，成本约占当年 GDP 的 1.3%，仅造成 GDP 年均增长率下降为 0.1%；如果稳定在 650ppm，每年 GDP 损失约为 0.5%，带来的 GDP 年均增长率下降不到 0.05%。

（二）适应气候变化的科学内涵

根据 IPCC 的定义，所谓“适应”，就是自然或人类系统对新的或变化的环境的调整。对气候变化的适应，就是自然或人类系统为应对现实的或预期的气候刺激或其影响而作出的调整，这种调整能够减轻损害或开发有利的机会。自气候公约第九次缔约方会议作出将附属机构会议科技咨询机构下的第三次评估报告（TAR）的政策含义的议题分成减缓和适应两个新议题以来，适应问题在国际谈判中的地位不断上升，成为新的关注热点。

1. 气候变化对人类发展的不利影响

适应行动源于气候变化对人类发展带来的种种不利影响。这种影响首先源于气候变化的累积性影响，二氧化碳及其他温室气体一旦排放，就会在大气层中驻留很长时间，对自然生态系统及社会经济系统产生多层次、全方位的不利影响，导致人类发展出现逆转。具体表现在：

（1）影响农业生产和食品安全。气候变化会影响脆弱地区的降雨量、气温和农业用水供给。例如，到 2060 年，非洲撒哈拉沙漠以南遭受旱灾的地区可能增加 6000—9000 万公顷，干旱土地遭受的损失可达 260 亿美元（按照 2003 年的价格测算）。在其他地区——包括拉丁美洲和南亚——农业生产也会遭受损失，使营养不良人口增加。

（2）导致用水紧张和用水安全问题。气候变化将导致径流模式改变和冰