科学通报 2013 年 第 58 卷 第 21 期：2100 ~ 2106
论 坛 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社 SCIENCE CHINA PRESS

全球变化和人类可持续发展：挑战与对策

徐冠华[①*], 葛全胜[②], 宫鹏[③], 方修琦[④], 程邦波[②], 何斌[⑤], 罗勇[③], 徐冰[⑤⑥]

① 中华人民共和国科学技术部, 北京 100862;
② 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;
③ 清华大学地球系统科学研究中心, 北京 100084;
④ 北京师范大学地理科学与遥感学院, 北京 100875;
⑤ 北京师范大学全球变化与地球系统科学研究院, 北京 100875;
⑥ 清华大学环境科学与工程学院, 北京 100084
* 联系人, E-mail: xugh@tsinghua.edu.cn

2013-02-02 收稿, 2013-05-21 接受, 2013-07-08 网络版发表

摘要 过去 20 多年来, 国际科学界对全球变化研究不断深化, 逐步形成了人类活动产生的碳排放是全球变暖的重要驱动力、全球变化影响人类经济社会可持续发展等共识. 为应对全球变化挑战, "共同但有区别的责任"等原则要求发达国家实行强制减排和发展中国家采取自主减缓行动, 目标是在 21 世纪末将由人类活动引起的地表增温控制到不超过工业化前 2℃. 但是, 处理全球变化与可持续发展的关系必须坚持哪些原则, 重点开展何种研究, 采取什么政策保障还没有明晰的思路. 本文提出立足国际和区域平衡发展, 依靠科技进步制定全球变化应对对策; 必须在人与自然和谐, 同时人类社会自身和谐前提下妥善处理应对全球变化与可持续发展之间的关系; 坚持减排与增汇并举, 减缓与适应并重等原则; 加强科学研究, 减少全球变化认识的不确定性. 应对全球变化挑战实质上为人类发展创造了新机遇, 为促进人类能源结构转变、改善和恢复地球生态环境、促进人类生产和生活方式改变、国际与区域间人类社会和谐发展提供了条件.

关键词
认识不确定性
减缓与适应原则
对策
发展机遇

1 人类应对全球变化的挑战：进展和问题

全球变化是指由自然和人文因素引起的地球系统功能的全球尺度的变化, 包括大气与海洋环流、水循环、生物地球化学循环以及资源、土地利用、城市化和经济发展等的变化.

全球变暖是全球变化的突出标志. 联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)于 2007 年发布的第四次评估报告指出, 1906~2005 年地球表面增温 0.74℃, 其中 20 世纪中期以来全球变暖有 90%的可能性是由人类活动导致的大气中二氧化碳等温室气体增加造成的[1]. 中国《第二次气候变化国家评估报告》也指出, 在百年尺度, 中国的升温趋势与全球基本一致; 1951~2009 年, 中国陆地表面平均温度上升 1.38℃[2].

全球变化在改变人类赖以生存的自然环境的同时, 也对经济社会发展产生了深刻的影响. 如何应对全球变化、实现可持续发展, 是当前人类社会发展面临的重大挑战.

基于对人类活动导致全球变暖及未来气候变化可能对人类造成严重影响的科学认识和政治共识, 以《联合国气候变化框架公约》[3]和《京都议定书》[4]的签订和实施为标志, 在过去的 30 年中, 国际社会为进一步认识全球变化的机制、减缓和适应气候变化、减轻其不利影响, 进行了政治、经济、科技等多方面的努力, 取得了明显的进展, 概括起来有 3 个方面.

引用格式: 徐冠华, 葛全胜, 宫鹏, 等. 全球变化和人类可持续发展: 挑战与对策. 科学通报, 2013, 58: 2100–2106
英文版见: Xu G H, Ge Q S, Gong P, et al. Societal response to challenges of global change and human sustainable development. Chin Sci Bull, 2013, 58, doi: 10.1007/s11434-013-5947-3

1.1 增进了全球变化对人类可持续发展影响的认识

国际社会的共识之一是: 以全球变暖为主要特征的气候变化对自然生态系统和人类社会存在着巨大的影响, 如果应对不力, 将会危及人类的可持续发展. 如果大气中温室气体含量得不到有效控制, 21 世纪末全球预估将可能增温 1.1~6.4℃; 如果全球气温升高 1.5~2.5℃, 地球上 20%~30%的现有生物物种将会面临灭绝危险; 如果全球平均气温上升 2~3℃, 格陵兰冰盖将大量消失, 造成海平面快速上升和全球 30%的海岸带被淹没; 其他一些自然过程也将出现明显变化. 全球变暖的影响还表现在热浪、干旱和强降水等极端气候事件发生的强度和频率可能增加; 人类社会系统也受到重大影响, 如环境风险加剧、水资源短缺、粮食减产、健康和疾病的危险等[1].

1.2 认识到人类活动是全球变化的重要驱动力

国际社会共识之二是: 人类活动是引发 20 世纪后半叶以来全球变暖过程的主要原因[1]. 人类活动引发全球变暖的依据是什么? 这要从温室气体和温室效应谈起. 大气中的水汽(H_2O)、二氧化碳(CO_2)、氧化亚氮(N_2O)、甲烷(CH_4)和臭氧(O_3)等由自然或人为产生的气体成分, 能够吸收和释放地球表面、大气和云射出的热红外辐射谱段的特定波长辐射, 将热量俘获在地表-对流层系统内, 造成地表和对流层低层温度升高, 这称为“温室效应”, 这些气体成分被称为“温室气体”. 20 世纪中叶以来全球变暖的主要原因是大气中 CO_2 等温室气体浓度的增加.

IPCC 第四次评估报告(AR4)指出, 这主要是人为排放的 CO_2 等造成的. 这些温室气体源于化石能源的使用、土地利用的变化以及森林的破坏, 即它们是人类社会经济发展过程中的产物.

自然历史资料证明了这一点. 南极冰芯资料显示了在过去一千年过程中大气中 CO_2 的浓度从公元 1000~1800 年基本上是维持在 280 ppm[1](1 ppm=1 μL/L, 余同). 但是从 1750 年工业革命以来, 二氧化碳浓度明显增加, 超过了工业革命前几千年的上升量, 20 世纪末急剧增加到 380 ppm.

人们还发现地表系统的多个关键参数受人类活动的直接影响或人类活动导致的气候变暖的间接影响而发生较大变化, 据此分析了人类活动影响全球变化的基本机制和全球变化产生的社会经济原因, 探讨了气候变化的可能“阈值”.

1.3 国际社会对应对全球变化取得初步的共识

各国政府对全球变化问题高度关心. 1992 年世界各国首脑会议签署《联合国气候变化框架公约》, 公约确定的重要原则之一是“共同但有区别的责任”的原则, “共同”责任就是各国都要根据各自的能力保护全球气候[3]. “区别”责任即要求发达国家率先采取减排行动, 并向发展中国家提供技术和资金支持. 目前有 194 个国家和区域一体化组织签署了公约书.

1997 年缔约方通过了《京都议定书》, 确定了 2008~2012 年, 主要工业发达国家减少 CO_2 等温室气体排放的义务. 目前签署《京都议定书》的缔约方共 192 个.

2009 年 12 月联合国气候变化框架公约缔约方大会(COP15), 原则通过了《哥本哈根协议》[5], 维护了《联合国气候变化框架公约》及《京都议定书》确立的“共同但有区别的责任”原则, 就发达国家实行强制减排和发展中国家采取自主减缓行动作出了安排, 并就全球长期目标、资金和技术支持、透明度等焦点问题达成广泛共识.

2010 年通过的《坎昆协议》[6,7]就未来气候变化谈判的原则达成共识: 国际社会制定以温室气体减排为主的应对方案, 应该把到 21 世纪末全球地表温度不超过工业化前 2℃作为目标, 这就是著名的“2℃阈值”原则.

中国对气候变化问题高度重视. 2007 年发布实施了《应对气候变化国家方案》[8], 成为第一个制定应对气候变化国家方案的发展中国家. 在实际行动中, 中国政府在调整经济结构、发展循环经济、节约能源、提高能效、淘汰落后产能、发展可再生能源、优化能源结构和绿化国家等方面采取了一系列政策措施, 取得了显著效果.

尽管各国为在共同应对全球气候变化问题做出了巨大努力, 但是这些协议和宣言与实际行动之间的鸿沟依然存在, 宣言中各项行动的具体落实遇到政治和外交博弈、经济和技术成本、能源和资源配置等问题. 《京都议定书》确定第一承诺期的最后一年 2012 年已经过去, 但国际社会减排成效不彰[9,10], 发达国家中仅少数国家开始了实质性的减排行动. 人类应对全球变化面临严峻的挑战.

2 人类应对全球变化挑战的时代背景和遵循的准则

过去一个世纪, 人类社会发生了翻天覆地的变

化, 这个变化比过去人类一两千年变化还要广泛、深刻. 它不仅影响到人类自身生活, 也影响到人类生存环境的剧烈改变, 即以全球变暖为标志的全球变化. 为什么近代人类活动引发了全球变暖? 分析它出现的时代背景能够明确人类应对全球变化应当遵循的准则. 其时代背景主要包括几个方面:

2.1 科学技术进步

人类的进化史, 就是一部利用技术改造自然的斗争史, 追溯到从制造原始工具开始, 人类一直努力通过自己的智慧, 不断创造一个更加适应生存的世界. 21 世纪初, 伴随着相对论和量子力学等重大科学理论的突破, 科学技术得到迅猛发展; 最近几十年来, 以信息技术革命为中心的当代技术革命蓬勃兴起, 标志着人类从工业经济向知识经济、从工业社会向信息社会历史性的跨越. 全球性的工业化和信息化进程, 能源的大量使用, 人口的快速增加, 城市的极度扩张都深刻地改变着人类的生产方式、生活方式, 也极大改变了地球环境. 可以预期, 人类的未来发展, 包括应对全球变化的挑战, 必将更多地依赖于科学技术的进步, 依赖自然科学和人文社会科学创造性的结合[11,12].

2.2 全球化进程

人类社会发展到今天, 生产的发展、科学技术的进步, 特别是现代信息技术、通讯技术和交通运输技术的发展, 使得国家之间经济、科技、文化等方面信息和物质交流越来越普遍, 形成跨越国界的信息流和物流网络; 组织生产和科学研究也已经远远超过了国家、区域的范围, 逐渐形成全球范围各种生产要素或科技分工的优化组合; 各个国家的利益互相交织, 犬牙交错, 互相支撑也互相牵制. 总体上看, 世界已经成为一个地球村, 应对全球变化的各项举措, 必须在这样一种利益格局, 在全球化的视角之下考虑.

2.3 可持续发展的理念和实践

科学技术是一把双刃剑. 一方面, 科技的发展给人类带来了巨大的便利, 改善了人类的生活, 延长了人类的寿命, 创造了更好的生活; 另一方面, 科技成果在应用过程中也带了一系列的问题, 如科学伦理、环境污染、全球气候变化与灾变等问题, 这些都在人类社会引起了强烈关注和巨大反响. 地球系统是个非线性系统, 它的某些参数的微小变化, 有可能引发整个系统巨大的、不可逆的改变[13,14]. 因此, 人类的利益和命运与地球环境越来越紧密联系在一起, 也促使人类更多地思考在全球变化中自身发展问题, 形成了可持续发展的理念[15].

综上所述, 20 世纪中叶后的全球变化源于科学技术的进步和经济的发展, 因而人类要解决全球变化问题, 必须立足于发展, 关键在于科学技术的进步; 同时全球变化问题的任何解决方案必须充分考虑全球化的国际环境和可持续发展理念. 这些是制定任何可实施的方案时必须遵循的原则.

3 人类应对全球变化的挑战与可持续发展

过去的 30 年间, 在各国科学家和决策者的共同努力下, 全球变化科学研究取得了长足的进展, 应对全球变化的国际、国内行动逐步推进[16]. 尽管如此, 人类应对全球变化的能力仍然有限, 主要原因在于对全球变化问题的科学认识, 还不足以支撑人类对地球系统的管理. 因此, 在未来应对全球变化的挑战中, 我们应当根据地球系统自身的规律和地球系统变化与人类活动的关系, 面对科技飞速进步、全球化进程加速和可持续发展理念深入人心的时代背景, 加强世界各国的协调, 尽快就人类如何应对全球变化的挑战达成共识. 我们认为, 这些共识应当包括以下几个方面.

3.1 妥善处理应对全球变化挑战与可持续发展之间的关系

可持续发展与应对全球变化挑战的关系应该是互相依存, 互为条件, 在处理两个方面的问题时必须统筹考虑, 任何一方面都不可或缺. 可持续发展的理念是人类经过历史上成功的实践和失败的教训得出的重要结论, 可持续发展不仅要求人与自然和谐, 还需要人类社会自身的和谐. 历史经验表明, 发展不均衡是人类社会不和谐的一个根源, 国家内部区域发展不平衡可能导致内乱, 固化或加大国家间发展的不平衡可能使世界难以实现和平与稳定, 甚至导致战争, 因此也不可能实现可持续发展.

当前, 全球变化是人类面临的共同挑战, 国际社会共同应对全球变暖是为了解决人为导致的人与自然不和谐的问题. 但是解决全球变化问题, 绝不能以牺牲社会发展, 特别是不能以维持或扩大以国际社

会不均衡发展为代价. 否则, 不仅不能解决人与自然和谐发展的问题, 还会破坏人类社会自身的和谐.

目前的问题是缺乏综合考虑不同国家集团历史责任和未来发展空间相对公平的减排方案, 并且在衡量国别间温室气体排放时也未考虑国际碳转移等因素, 忽视了发展中国家的发展权益.

鉴于当前全球变暖主要是人为排放 CO_2 等温室气体造成的, 因而减少碳排放成为国际社会防止全球继续增暖的基本措施. 如何合理分配排放指标, 保证发达国家和发展中国家都能得到发展, 成为最富有挑战性的问题[17,18].

一是如何实现在公平框架下发达国家和发展中国家共同发展. 按照 2℃阈值的目标, 如果大气二氧化碳浓度稳定在 450 ppm 水平上, 以 2005 年全球人口总量计, 到 2050 年, 全球人均每年排放 0.82 t C[19], 相当于 2.99 t CO_2. 但是问题在于实现上述排放目标过程中, 如何保证发展中国家的发展. 联合国曾经给出一个人类发展指数(Human development index, HDI)[20], 划分世界各国的发展水平, 其中上面提到人均每年 0.82 t C 排放仅处在温饱发展水平. 这就是说, 如确立人均排放 0.82 t C/a 的减排目标, 在清洁能源没有完全或者大部分替代化石能源之前, 世界上所有欠发达国家将只能徘徊在温饱线上. 这显然是不公平的, 也不可能维持人类社会基本和谐, 人类社会可持续发展目标将不能实现.

二是如何将碳排放的历史责任和未来贡献合理平衡? 中国科学家利用本国和美国研发的地球系统模式通过计算机模拟评估了发达国家和发展中国家对气候变化的历史责任和承诺的减排贡献[21]. 两个模式的量化评估结果非常接近, 结论是: 发达国家应该对碳排放造成的气候变暖承担 2/3 的历史责任, 但发达国家承诺的减排仅对减缓未来气候变暖做出 1/3 的贡献; 而发展中国家虽然只承担 1/3 的历史责任, 却承诺了未来减排 2/3 的贡献, 这当然是十分不公平的.

三是如何合理计算国家碳排放量? 1990~2011 年, 发达国家的工业温室气体排放趋于稳定, 发展中国家的排放量逐年增加. 但是, 在计算国家温室气体排放时却忽略了由于国际贸易所造成的温室气体的转移排放[9]. 发达国家排放的这种稳定, 一部分原因是他们越来越多地从发展中国家进口高能耗商品, 如钢铁、太阳能板等, 从而减少了本国的排放量. 因此, 在制定公平合理的国际减排政策时必须考虑生产排放和消费排放之间责任划分问题.

实现人类社会可持续发展, 必须维持区域发展、国家间发展基本均衡. 在当前应对全球变化挑战过程中, 国际社会应遵循“共同但有区别的责任”的原则, 统筹兼顾人与自然的和谐和人类社会自身的和谐, 给出科学的、切实可行的(特别是对发展中国家切实可行的)减排和适应方案.

3.2 坚持减少碳排放与增加碳汇并举, 减缓全球变暖与适应全球变暖并重的原则

当前减排温室气体是国际社会减缓全球增暖行动的主要关注点和着力点, 这是必要的, 但是增加陆地和海洋的碳汇在应对气候变化中的作用同样重要, 却未能给予充分重视. 增加陆地和海洋碳汇对减缓全球增暖十分重要. 1990~2007 年间世界森林碳汇每年为 2.4±0.4 Pg C[22], 占陆地生态系统总碳汇的 45%, 能够抵消工业温室气体和土地利用排放的 33%[23]. 植被生产力的年际变化影响大气 CO_2 浓度的年际变化. 由此可见, 人类植树造林、有效保护森林生态系统, 发掘地球自身拥有的碳汇功能将在减缓全球增暖过程中发挥不可忽视的作用[24]. 这对发展中国家尤为重要. 近年来, 中国实施的植树造林工程和森林保护措施每年固碳 300 万吨[22], 为减缓全球增暖做出了贡献. 不仅如此, 植树造林对改善生态环境、净化空气、调节气候、防风固沙等都有积极的效果.

地球工程作为一种有效地减缓全球变暖的措施已经得到了国际科学界的广泛关注[25]. 简单地讲, 地球工程是通过人工方法改变地球表面辐射能量平衡或直接减少大气中温室气体浓度, 以减缓或抵消气候变暖效应. 目前已经开展的地球工程方案有碳捕获和碳封存等.

地球工程方案在各种温室气体排放情景下, 采用向大气平流层喷洒硝酸盐、气溶胶和设置反光镜, 都会有效遏制因为全球变暖所导致的海平面上升的趋势, 并在一定程度上使其恢复到原先的水平[26]. 当前, 急需全面评估地球工程的各方面影响, 以便提出切实可行的实施方案.

适应与减缓一样, 是人类应对全球变化的重要措施. 以提高防御和恢复能力为目标的适应行动可以将气候变化的影响降到最低, 减小温室气体减排的压力, 为人类社会发展的低碳转型赢得时间与空

间. 在全球变化影响日益突出、减缓行动难以很快奏效的情况下, 采取具有针对性的适应战略是世界各国紧迫而重要选择, 对发展中国家尤其如此.

当前, 制定全球变化适应方案需要加强两个方面的研究: 一是研究如何解决人类对食物、能源、水资源和其他生态系统服务功能的需求; 二是研究如何转变生活方式、探索全球气候变化背景下人类的发展道路.

3.3 加强科学研究, 减少全球变化认识的不确定性

国际学术界公认对全球变化的科学认识还存在不确定性[27], 尽管从科学的角度看, 存在这些科学认识的不确定性是十分正常的现象, 但作为制定气候政策和处理气候变化国际事务的出发点, 这种科学认识上的不确定性及由此可能带来的风险是不容被轻视的. 全球变化认识的不确定性涉及到:

一是过去两千年气候变化的事实, 它影响到关于自然强迫和人类活动对 20 世纪变暖的贡献以及对未来气候变化趋势的判断. 例如, 历史气候领域迄今仍未取得具有重大意义的共识是, 过去两千年来是否存在比 20 世纪更温暖的"中世纪暖期"或其他暖期[28].

二是关于气候系统对二氧化碳浓度的敏感性问题, 它是将全球变暖归因于人类活动的理论基础. 从观测数据角度分析, 有时大气温室气体浓度与全球地表温度变化趋势并不完全一致. 例如, 20 世纪 40 年代~70 年代中叶全球温室气体排放量约增加 2 倍, 而同期全球平均地表温度却下降 0.1℃[1]. 由于气候系统是非线性系统, 大气温室气体浓度的变化不仅通过温室效应影响地表温度, 同时还会引发气候系统中一系列复杂的正负反馈过程; 地表温度对温室气体浓度变化的响应, 取决于各种正负反馈过程和机制的综合结果.

三是气候模式的模拟能力. 作为气候变化研究的主要工具, 它直接影响到未来预估情景的可靠性, 虽然经过改进, 模拟结果和实际结果之间的差异显著减少, 但有些差异仍然过大. 以气温随高度变化的模拟为例, IPCC 综合集成了气温随高度变化的模拟结果, 研究人员将其和观测结果进行了比较. 模式模拟结果显示大气升温最快的高度为 10 km 处, 且为地表增温变化的 2 倍, 观测结果则显示大气增温最快的高度位于地表, 且对流层整体增暖幅度小于地表, 两者结论相反[29].

四是"2℃阈值"的自然和社会影响程度的科学认识. "2℃阈值"是《坎昆协议》达成的共识[6,7], 即 21 世纪末, 地表温度比工业化前的升幅控制在 2℃以内, 以此作为制定各国温室气体减排方案的基础. 它之所以重要, 是因为与之对应的是温室气体浓度的上限及人类碳排放空间的上限. 研究表明, 阈值高或低, 即使 0.1℃, 都将对人类采取的应对措施产生重大影响, 涉及到所有国家的经济增长和生产、生活方式的改变. 但是实际上不同模式模拟结果温度变化区间为 2~4.5℃的范围内[30], 其不确定性仍然过大.

五是气候系统的年代际自然变率. 20 世纪 40 年代~70 年代中叶全球平均地表温度的下降以及近 10 年来全球变暖趋势的减缓, 都很可能是气候系统年代际自然变率的作用. 因此, 加强对年代际气候自然变率规律和成因的研究, 是全面认识全球变暖, 特别是准确预测未来几十年气候变化的重要方面.

六是综合观测和数据集成研究. 长时间、高质量的观测资料及其与地球系统模式的同化有助于减少对全球变化认识的不确定性. 因此, 有必要建立高质量、连续、均一、综合的对地观测系统, 加强全球变化关键参数和过程的多变量联合观(监)测研究, 海量数据的同化、融合技术与集成应用及数据共享机制研究.

未来国际社会应更好地开展多因子、多学科、全球性联合研究, 最大限度减少对全球变化科学认识的不确定性, 同时应进一步将可持续发展作为全球变化研究的导向, 在社会发展中加强全球变化研究, 以全球变化研究成果促进可持续发展.

4 应对全球变化: 人类新的发展机遇

应对全球变化对人类不仅仅是严峻的挑战, 也是重大的机遇. 根据应当遵循的原则确定的各种应对措施, 实质上是对地球系统的创新管理, 将对人类的生产方式、生活方式以及国际关系带来历史性的、不可估量的影响. 可以期待, 通过应对全球变化的实践, 人类生存和发展新模式将逐渐形成.

4.1 促进人类能源结构的战略性转变

人类能够驾驭自然在于人类具有思维和创造能力, 关键在于人类利用自然界能源, 放大了自身的力量, 扩大了人类活动能力和活动范围. 随着人类经

济、科学技术发展，人类应用的能源结构，经历了一个变化过程，概括起来就是“脱碳”的过程.

人类最早从柴草中获取把生肉烤熟的能量，继而从煤炭、到石油、再到燃气，这种从固态到液态再到气态的过程是能源使用型态的发展趋势. 人类不断开发、利用新的碳氢能源的历史实际上是一个脱碳的历史[31]. 每一次能源革命的结果都是使碳氢能源中碳的含量降低，氢的含量上升. 木柴中碳氢原子个数比例约为 10∶1，煤约为 2∶1，石油为 1∶2，天然气为 1∶4[32,33]. 而每一次能源的加氢脱碳都会推动人类社会的进步和文明程度的提高. 由此看来，氢能源的广泛应用将是能源发展的重要趋势.

这里可以看到，从最初钻木取火，到煤、石油、天然气，历史上人类能源结构自然调整的过程和当前人类应对全球变化、自觉减少碳排放的过程，不约而同，殊途同归. 从当前能源结构多元化的前景来看，生物质能、太阳能和风能，以至于燃料电池，使用氢作为介质又是重要的选择方案. 所以，当前的减少碳排放的措施，大大促进并最终完成了人类能源结构的调整进程，对于人类的生存和发展具有重大历史意义.

4.2 促进地球生态环境的历史性转变

当前人类面临的状况是，发达国家青山绿水，相当多的发展中国家由于战乱和贫困，植被严重缺乏，生态环境恶化. 我们认为，减少大气中二氧化碳，一方面要通过减排实现，另一方面要充分关注恢复植被对于增加碳汇的作用. 植树、种草，一方面对减缓全球变化做出了贡献；同时，也有利于解决发展中国家急需解决的生态环境恶化的问题，特别是植被覆盖缺乏的问题. 新中国成立以后，中国的森林覆被率从 20 世纪 40 年代末 8.6%[34]，增加到当前的 20%[35]，在一些贫困地区，郁郁葱葱的植被已经取代了穷山恶水，沟壑纵横. 绿化可以有利于减缓全球变暖，还将为发展中国家的植树造林运动提供巨大的动力. 我们相信发展中国家通过自己的努力和国际的援助，一定能够绿化自己的国家，同时也为减缓全球变化作出贡献，通过数十年、百年的持续不断的努力，全球生态环境一定会出现一个新的局面.

4.3 促进人类生产和生活方式的根本性的转变

长期以来，人类习惯于从自然索取，缺乏保护自然的观念和能力，人类对能源和其他自然资源的过度消耗，引发了巨大的自然灾难，人类的生存受到了威胁. 应对全球变化从根本上要求人类改变现有生产和生活方式，努力减少资源的消耗和能源的浪费. 世界一些国家都对此发出了呼吁，中国提出要建立资源节约型和环境友好型社会，并且作为国家的战略目标加以推动. 我们相信，这将促使人类生产、生活方式发生根本性转变.

4.4 促进人类社会向和谐世界的转变

从历史的视角来看人类社会，从奴隶社会、封建社会争夺土地、奴隶，到资本主义社会争夺资本和市场，人类社会是一个国家之间的斗争史，我们也可以看到，当一个国家受到外来势力的重大威胁时，往往会促进国家和民族团结起来，形成巨大的合力. 当前，在全球化的坏境下，人类首次发现全人类面临着共同的威胁，存在着共同的问题；处理不好，有可能导致人类毁灭. 这种威胁是种无形的号召力，使人类能够团结起来，抛弃或搁置分歧，抛弃或搁置利益冲突，共同应对全球变化的挑战.

总体上，我们对人类的前途持有乐观的态度. 在历史长河当中，人类经受了气候变迁，疾病流行和其他各种灾变，但都得以生存，当今人类掌握了如此发达的科学技术和雄厚的经济基础，只要共同努力，一定能够解决全球变化的问题，人类一定会有美好的未来.

参考文献

1 IPCC. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007

2 《第二次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第二次气候变化国家评估报告. 北京：科学出版社, 2011

3 联合国. 联合国气候变化框架公约. 1992

4 联合国. 联合国气候变化框架公约京都议定书. 1998

5 United Nations Framework Convention on Climate Change. Copenhagen Accord, Decision 2/CP.15. Copenhagen, 2009
6 United Nations Framework Convention on Climate Change. Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention, Draft decision-/CP.16. The United Nations Climate Change Conference in Cancun, 2010
7 United Nations Framework Convention on Climate Change. Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on Further Commitments for Annex I Parties under the Kyoto Protocol at its fifteenth session, Draft decision-/CP.16. The United Nations Climate Change Conference in Cancun, 2010
8 中国国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化国家方案. 2007
9 Helm D. Climate policy: The Kyoto approach has failed. Nature, 2012, 491: 663–665
10 WMO. WMO Greenhouse Gas Bulletin No. 8. 2012
11 徐冠华, 宫鹏, 邵立勤, 等. 中国全球变化研究急需加强的几个问题. 全球变化研究评论(第 1 辑). 北京: 高等教育出版社, 2010
12 徐冠华, 鞠洪波, 何斌, 等. 21 世纪中国地球科学发展: 立足中国, 走向世界. 科技日报, 2010 年 8 月 1 日
13 Lenton T M, Held H, Kriegler E, et al. Tipping elements in the Earth's climate system. Proc Natl Acad Sci USA, 2008, 105: 1786–1793
14 Lenton T M. Early warning of climate tipping points. Nat Clim Change, 2011, 1: 201–209
15 World Commission on Environment and Development. Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development. 1987
16 Schreurs M A. Rio+20: Assessing progress to date and future challenges. J Environ Develop, 2012, 21: 19–23
17 Schiermeier Q. Hot air. Nature, 2012, 491: 656–658
18 Grubb M. Cap and trade finds new energy. Nature, 2012, 491: 666–667
19 葛全胜, 方修琦. 中国碳排放的历史与现状. 北京: 气象出版社, 2011
20 United Nations Development Programme. Human Development Report 1990. New York and Oxford: Oxford University Press, 1990
21 Wei T, Yang S L, Moore J C, et al. Developed and developing world responsibilities for historical climate change and CO_2 mitigation. Proc Natl Acad Sci USA, 2012, 109: 12911–12915
22 Pan Y D, Birdsey R A, Fang J Y, et al. A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science, 2011, 333: 988–993
23 Bonan G B. Forests and climate change: Forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. Science, 2008, 320: 1444–1449
24 Canadell J G, Raupach M R. Managing forests for climate change mitigation. Science, 2008, 320: 1456–1457
25 Keith D W. Geoengineering the climate: History and prospect. Annu Rev Energy Environ, 2000, 25: 245–284
26 Moore J C, Jevrejeva S, Grinsted A. Efficacy of geoengineering to limit 21st century sea-level rise. Proc Natl Acad Sci USA, 2010, 107: 15699–15703
27 Solomon S, Qin D H, Manning M, et al. Technical summary. In: Solomon S, Qin D H, Manning M, et al., eds. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. New York and Cambridge: Cambridge University Press, 2007
28 葛全胜, 郑景云, 满志敏, 等. 过去 2000 年中国温度变化研究的几个问题. 自然科学进展, 2004, 14: 449–455
29 Douglass D H, Christy J R, Pearson B D, et al. A comparison of tropical temperature trends with model predictions. Int J Climatol, 2007, doi: 10.1002/joc.1651
30 Pachauri R K. Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report, 2008
31 Grübler A, Nakićenović N, Victor D G. Dynamics of energy technologies and global change. Energy Policy, 1999, 27: 247–280
32 Nakićenović N. Freeing energy from carbon. Daedalus, 1996, 125: 95–112
33 Ulanovskii M L. Relation between coal properties and the change in hydrogen content on coalification. Coke Chem, 2011, 54: 33–39
34 中华人民共和国环境保护部. 中国履行《生物多样性公约》第四次国家报告. 北京: 中国环境科学出版社, 2009
35 贾治邦. 中国森林资源报告——第七次全国森林资源清查(2004–2008 年). 北京: 中国林业出版社, 2009