

后疫情时代全球气候变化的应对与抉择

徐冠华¹, 刘琦岩², 罗晖³, 梅永红⁴, 黄写勤⁵

1. 科学技术部, 北京 100862;

2. 中国科学技术信息研究所, 北京 100038;

3. 中国国际科技交流中心, 北京 100082;

4. 华大农业有限公司, 深圳 518083;

5. 中山大学, 广州 510275

摘要: 后疫情时代, 全球气候变化影响和应对呈现新趋势, 突发性、全球性和关联性成为鲜明的特征。当前, 要着力解决应对气候变化的重大科学问题, 就必须继续务实加强基础研究, 妥善处理应对全球变化的挑战和可持续发展之间的关系; 根据中国国情选择自己的气候变化应对之路; 进一步处理好减排与增汇、减缓与适应的关系; 设立国家碳中和重大专项; 制定和实施更大规模植树造林计划; 要立足未来, 密切关注与气候变化高度关联的人类长期发展议程, 实现人类可持续发展。

关键词: 碳中和, 气候变化, 基础研究, 可持续发展

引用格式: 徐冠华, 刘琦岩, 罗晖, 梅永红, 黄写勤. 2021. 后疫情时代全球气候变化的应对与抉择. 遥感学报, 25(5): 1037-1042

Xu G H, Liu Q Y, Luo H, Mei Y H and Huang X Q. 2021. Responses and choices of global climate change in the post-epidemic era. National Remote Sensing Bulletin, 25(5): 1037-1042 [DOI: 10.11834/jrs.20211198]

在2020-12结束的联合国气候雄心峰会上, 习近平主席宣布应对全球变化国家自主贡献新举措, 包括到2030年, 中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上, 非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右, 森林蓄积量将比2005年增加60亿m³, 风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上(徐冠华等, 2020)。这是中国对世界作出的庄严承诺, 是在艰难时刻为世界应对全球气候变化注入的新动力。在后疫情时代, 全球气候变化应对呈现新的发展趋势, 也面临新的问题, 需要引起各方面的高度关注。

1 全球变化应对呈现新趋势

最近几年, 全球化、逆全球化各种思潮涌动, 应对全球气候变化的国际合作遇到了困难。但是, 随着时间的推移以及新冠肺炎疫情的肆虐, 世界越来越多的人重新重视全球化的价值。多边主义, 讲团结、促合作, 成为越来越多国家的共识, 从

思想到行动正呈现新变化。

(1) 应对全球气候变化已经成为人类发展史上最广泛的思想共识。全球合作应对气候变化虽然历经波折, 但在气候变化影响日趋严重的情况下, 各国讨论越来越趋于一致, 这种共识直到《巴黎协定》的签订达到了高峰。尽管协议仍有不足之处, 但可以说这是世界各国对于国际事务一次思想和行动的空前统一。这说明, 《巴黎协定》凝聚了签约各方高度的共识, 具有强大的生命力。

应对全球气候变化是一个认识不断深化的过程, 各国都深刻感受到全球气候变化对自己国家和子孙后代的重要性, 从而吸引了更多的人参与到这项事业当中, 形成了国际间的合力, 成为对抗消极应对全球气候变化的最重要力量。

(2) 中国在应对全球气候变化方面越来越走近国际舞台中央。2020-09, 习近平主席宣布中国力争2030年前二氧化碳排放达到峰值, 努力争取2060年前实现碳中和; 此次气候雄心峰会上提出

收稿日期: 2021-04-07; 预印本: 2021-04-16

本文根据2020年12月15日在“全球变化及应对”重点专项2020年度交流会上的报告整理而成。

第一作者简介: 徐冠华, 1941年生, 男, 中华人民共和国科学技术部原部长, 中国科学院院士(1991年)、第三世界科学院院士、瑞典皇家工程科学院外籍院士、国际宇航科学院院士、欧亚科学院院士。研究方向为资源环境遥感。E-mail: xughvip@163.com

新建议和新目标,可以体现出中国参与应对全球气候变化的态度越来越自信,姿态也越来越开放。如果说“十二五”时期国际形势对国内应对气候变化事业是一种推动,那么“十三五”以来,应对气候变化在中国政府议事日程上的优先度不断上升,低碳绿色发展越来越成为国家的自觉行动。国际上对中国的期望也不断提升,期待中国有更大动作,承担更大的责任。在这样的背景下,中国在应对全球气候变化的角色悄然发生了转变,越来越走到聚光灯下,成为关注的焦点,也承担起更大更重的责任。

(3) 应对全球气候变化的研究更加显现科学性和系统性。这表现在:1) 从多学科参与到多学科融合的转变。全球气候变化的研究时间和空间的跨度大,更多的学科交叉不仅让研究的结果更加立体、趋向全面,相互作用的过程中更体现了全球性和整体性;2) 从定性向定量转变。呈现越多的量化指标,使得研究结果更有科学性和传承性;3) 更加注重动态化研究。随着信息技术的不断突破,网络、超算、人工智能、大数据等的参与,使得全球变化的研究更能呈现动态的过程,不仅更加精准和迅速,而且能够根据数据模拟未来的趋势,让政策制定和应对措施更为准确有效。

(4) 应对全球气候变化中,可再生能源和氢能的利用越来越显现巨大的潜力。在历史长河中,人类学会了利用机械和工具,而这其中最具革命性的是能源的使用。从钻木取火到化石能源,再到可再生能源以及核裂变能,人类获得能源的能力得到数量级的释放和增强,把人从繁重的体力劳动中解放出来,进而大大推进了人类文明的进程。

但是能源的缺乏始终伴随着人类社会的发展,同时以碳氢化合物为主的能源结构并未改变,碳氢化合物燃烧的产物——二氧化碳,成为引发全球气候变化的根本因素。

人类利用能源过程从木质燃料,到煤、石油、天然气等化石燃料,是能源分子结构不断加氢减碳的过程。零碳燃料更是科学家们研究解决碳排放引发的全球气候变暖的重点和热点,代表了能源技术进步的方向。

近些年,太阳能、风能、生物质能等可再生能源得到快速发展,这是人类利用可再生能源取得的重大进步,也是人类实现氢能普及应用的重

要一步。

与其他燃料相比,氢能是最清洁的零碳燃料,它可将不稳定的可再生能源变成稳定能源,可作为可再生能源介质;氢能既可发电、供热,也可用作交通燃料,无次生污染等等。截至目前,多国政府都已出台氢能及燃料电池发展战略,甚至上升到国家能源战略高度。日本、韩国、美国、德国等国家已开始抢占氢能技术制高点。

因此,在后疫情时代,大力发展太阳能、风能等零碳能源,加速发展易于转化为零碳能源的生物质能,用这些可再生能源制氢已经成为重要的发展方向,成为调整能源结构,实现能源多元化不可或缺的一环。

中国人口众多,煤、油、天然气人均资源只占世界人均水平的55%、11%和4%,目前还是世界上碳排放量最多的国家之一,所以可再生能源和氢能的研究与利用对中国而言极为重要。但是也要指出,在氢能的发展上,我们要始终关注其战略性和长期性的统一。一方面不能因为战略性一哄而起;另一方面也不能因为长期性而放弃战略目标,失去战略主动性。把氢能的战略性和长期性统一起来,不仅有利于中国实现碳中和目标,对中国的经济社会可持续发展同样具有重要的意义。

2 中国全球气候变化研究和应对需要关注的几个问题

(1) 妥善处理应对全球变化的挑战和可持续发展之间的关系。当前,国际社会应对全球变暖的挑战是为了解决人类发展所带来的人与自然不和谐问题。但是解决全球变化问题,绝不能以牺牲经济和社会发展,特别是不能以国际社会不均衡发展为代价,也就是气候变化问题必须在可持续发展的框架下予以解决。人类社会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。我们必须按照这一原则,认真、妥善处理两者之间的关系,研究制定合理的全球变化应对方案,这是中国必须关注和面对的重大问题(徐冠华,2012)。

(2) 根据中国国情选择自己的气候变化应对之路。各国应该遵循共同但有区别的责任原则,根据国情和能力,最大程度强化行动。发达国家和发展中国家国情不一样、发展程度不一样,要求自然也应不一样。中国是发展中国家,人均碳

排放远不及发达国家，在发展路径与其他国家有共性，但也要有自己的特点，按照自己的发展思路来谋划。其他发展中国家亦应如此。

(3) 进一步处理好减排与增汇、减缓与适应的关系。长期以来，温室气体减排是国际社会减缓行动的主要关注点和着力点。科学发展已经证明，增加陆地和海洋碳汇也将在减缓全球增暖过程中发挥不可忽视的作用。同时，地球工程作为一种减缓全球变暖的措施，已经得到了国际科学界的关注。所有这些都说明，单纯强调减排、忽视增汇的模式存在着局限性，改变这种状况对中国和其他发展中国家尤其具有重大的战略意义。同时，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减少、减缓温室气体排放的压力，为人类社会发展的低碳转型赢得时间与空间，这对发展中国家尤为重要。

(4) 开展绿化在增汇中作用的国家重大项目，制订和实施更大规模植树造林计划。

当前世界的状况是，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。减少大气中的二氧化碳，一方面要通过减排实现；另一方面要依靠恢复植被实现增加碳汇。植树、种草不仅有利于减缓全球变化，也有利于解决发展中国家生态环境恶化问题。新中国成立以来，中国的森林覆盖率从20世纪40年代末的8.6%，增加到当前的23.04%（绿色中国文摘，2021）。可以说，我们国家这几十年的植树造林运动取得了令人瞩目的成就。更为重要的是，在植树造林方面积累的不少经验和知识，可以对广大发展中国家提供学习借鉴的样板。因此，建议在国内开展绿化在增汇中作用的国家研究计划，并推动研究的国际合作。

(5) 大力加强碳中和的研究，设立国家碳中和重大专项。这些年，全球气候变化研究取得了一系列重要成果，其中加强碳中和研究以及列入考核指标体系是一项重要内容，上文提及的4点是早已提出但尚未完全解决的问题，碳中和问题是近年关注的新热点。随着党中央、国务院提出碳中和更高要求，建议加强对碳中和的研究，推动设立国家碳中和重大专项，提出不同时期、不同发展阶段碳中和的目标和任务，并且以最大的决心、最大的力度，推动全球碳中和国际合作计划。

3 加强基础研究，着力解决应对气候变化的一些重大问题

早在十多年前，我们就提出涉及气候变化的重大科学问题。十多年过去了，这些问题尚未取得重要突破，仍然需要引起高度重视。

(1) 人类活动和全球变化相互影响的机制。对人类活动和全球变化之间相互作用的全面、系统的定量化研究，存在着许多不确定性，是全球变化研究的难点，同时也是在地球系统模式中纳入人类活动因素的瓶颈。其中包括人类活动与全球变暖的关系、碳循环过程及其不确定性、大气气溶胶对全球变化的影响、海洋陆地间的物质和能量交换等问题，虽然这些年在研究上有一些进展，但是未见重大突破。

(2) 地球系统模式。把地球系统模式的研究作为一个重点，既是中国在过去研究中的一个薄弱环节，又是全球变化研究的迫切需要。地球系统模式发展具体研究的几个问题：完善与更新物理气候系统模式、发展地球气候系统模式、研发地球系统模式、地球系统模式中的高性能科学计算理论与方法、用于地球系统模式的超级计算机支撑软件系统研究开发等。这些都需要稳定队伍，下大的功夫予以解决。

(3) 全球变化研究中的地球观测数据同化与应用。全球变化研究建立在完整的对地观测技术基础上。可以说，没有完整的对地观测数据，就没有全球变化研究。但是，我们在面向全球变化的地球观测数据信息提取与同化、地球系统观测与模拟数据共享平台建设，以及在地球观测数据在全球变化研究中的应用等亟需解决的重点上，鞭策入里的并不多，老问题依然存在（徐冠华等，2010）。

与此同时，全球变化经济学的研究进展也并不显著。这些问题的存在，告诉我们不仅要着眼当前的课题，同时也要回头看看曾经提出但依然存在的薄弱环节。只有把基础打牢，中国的全球变化研究才能企稳行远。

4 立足未来，密切关注与气候变化高度关联的人类长期发展议程

人类经历过无数次灾难的挑战，地震、干旱、洪涝、飓风、瘟疫等在很长的历史时期里，对人

类而言是灭顶之灾。先人将之归结为神灵的惩罚或者是上天的警告，所以世界各地都不同形式的发明了祭天地、祭河海、拜图腾、诚祷告等方式，试图实现人与自然的和谐。长久以来，人类认为自然对人类社会的有极大的决定性影响，从未想过人类活动能对大自然产生影响，甚至是深刻的影响。

随着科学知识的积累和对自然界认识的不断深入，人类对自然的观念开始发生转变，认为自己能够改造大自然，甚至主宰大自然。特别是工业革命以后，更是加速了这一进程，对大自然造成了严重的破坏和损毁。直到各种新旧自然灾害更加频繁、程度更加激烈，瘟疫和传染病传播范围更广之后，有部分人开始反思和复盘人类的行为，究竟那些人类行为对地球造成了伤害？地球又对人类的行为作出了什么反应？在全球饱尝新冠疫情肆虐之后，后疫情时代事件将具有什么样的时代特征？这是需要深入思考和回答的问题。我们认为，以下3个方面的特征需要引起高度关注。

(1) 突发性。事发突然，容易演变成为全球性重大事件。这是因为人类活动和自然环境长期不协调的结果，具有积累效应，体现了从量变到质变的过程。同时，气候变化的不确定性导致的后果突发性，使得气候变化的作用常常成为人们争论的焦点。说法的众说纷纭和难以统一，最终也使得全球气候变化的应对议程一再搁置。

1750年后的工业革命、电力革命和信息革命，虽然实现了人类文明的飞跃，但是大量的人类生产活动，如化石燃料燃烧和砍伐森林，也导致大气中二氧化碳和其他有害气体浓度的显著增加。当这一过程达到临界值，大自然无法继续承受或吸纳这些气体，就会引发生态及环境方面系列反应，引起生态系统失衡、生态系统超常演替、生态灾害频发等等。而这些自然生态失衡积累到一定程度，又会反过来影响和威胁人类的生存。

(2) 全球性。以传染病为例，历史上的瘟疫和传染病即使再严重，也是局部性的、区域性的。而现在的影响范围是全球性的。即使是人类十大传染病事件 (https://www.sohu.com/a/369802229_488097[2021-04-07]) 中的公元1347年欧洲鼠疫，17—19世纪美洲黄热病，1918年西班牙大流感等都发生在局部区域内。而当代的传染病如艾滋病、埃博拉病毒或者今天的新冠疫情，稍有不慎就转

变为全球性大流行，这与人类的频繁活动有密切的关系。

(3) 关联性。这次新冠肺炎疫情爆发后，比尔·盖茨曾经预言：“到2060年，气候变化可能和新冠疫情一样致命；到2100年，它的致命性可能是新冠疫情的5倍”。这是惊人的判断，但可能并非危言耸听。我们以为，新冠疫情和气候变化有强烈的关联性。新冠疫情只是气候变化引发的一个突发性事件和缩影，在时空尺度上，接踵而来的气候变化危机可能比疫情更为严重。

可以说，此次新冠疫情，只是一系列灾难性变化的开端，警示人类不能再回到过去粗放发展的时代，这也标志着人类发展从此进入了一个新的阶段——后疫情时代。新冠疫情也因此成为全球气候变化里程碑式的事件。

总之，要解决当前全球变化的突发性、全球性和关联性问题，人类必须改变现有的生产和生活方式，依靠科技进步的理性认识，及早面对未来人类发展议程的重大问题。全球变化、气候危机的破坏是深刻和长远的，甚至不可逆转的。在这样的背景下，人类需要认真总结工业化时代以来的经验和教训，分析清楚人类究竟那些行为对地球的现状造成了伤害，对全球气候变化造成了影响，而未来又有那些议题是与全球变化高度关联，必须引起人类密切关注的。只有把后疫情时代面临的挑战和人类未来发展议程紧密结合起来，切实放在人类发展全局中去考虑和谋划，人类才能再一次实现和大自然和谐相处。

回望过去，人类逐步总结出一系列影响文明进程的因素，至少有两个因素是历史嬗变中恒定的不动点：一是能源；二是食物。近百年来，这些因素引起了全球资源的枯竭和环境的变化。可以认为，人类今后能否继续发展最关键的确定性因素依旧是这两个重大因素，而这两个因素都与全球环境变化特别是气候变化密切相关。

后疫情时代，做好全球气候变化的应对，就必须从突发性、全球性和关联性3个特点出发，大力加强基础和前沿科学的研究。只要我们在基础研究和前沿科学有了积累，有了必要的知识储备、人才储备和能力储备，当面对如新冠肺炎疫情等一系列突发事件的时候，我们就有能力迅速提出有效的应对和解决办法。

第一，加快在21世纪中叶实现核聚变能商业化应用的目标。近半个世纪以来，太阳能、风能、

生物质能等可再生能源以及核裂变能都得到了较快的发展，成为能源结构有力的补充。然而从人类发展综合能源利用来看，当前最紧迫的任务是发展核聚变能技术。

核聚变是把氢的同位素（氘和氚）混合加热到数亿度高温，使其原子核聚合，释放出巨大能量。地球上的人工核聚变包括氢弹和核聚变发电，据测算，同等质量的氘—氚核聚变释放的能量大约是汽油的2500万倍。核聚变的原材料是海水中的氘（储量40万亿吨）和地球上的锂（储量2000亿吨，可产生氘），氘、氚的含量储量可以说取之不尽。核聚变反应没有二氧化碳排放，其产物氦气是惰性气体，无污染，不产生高放射性核废料，安全性更有保障。

根据当前研究和工程进展，核聚变能将在21世纪中后叶实现商业化运用，意味着将为人类提供近乎免费、用之不竭的理想洁净能源。人类将彻底摆脱能源的束缚，发展格局将发生革命性改变，对IPCC提出的全球升温控制在1.5℃以内的目标有重大推动作用（IPCC, 2018）。我们的全球气候变化研究与应对的框架，要全面评估能源发生革命性改变这个重大因素。

第二，大力推广现代育种技术，改善农业生产对环境的影响。当前，由于人类活动和全球气候变化的影响，世界粮食安全正面临严峻挑战。全球人口数量大约以每年8300万的速度急剧增长；大规模的工业生产、砍伐、火烧造成大量二氧化碳的排放，对全球气候变化的影响越来越加剧，对粮食生产影响巨大。2020年受疫情的叠加影响，今年全世界将有6.9亿人处于挨饿状态（FAO, 2020）。对人类而言这是一个灾难性的局面。

中国是世界人口最多的国家，粮食生产压力更是巨大。为了保粮食，中国使用了世界31%的化肥用量（杜芳，2017）；农药使用量是世界平均水平的2.5倍；淡水资源只占全球的6%，农业灌溉消耗了60%的可利用水资源，水生系统受到过剩化肥、农药污染；大量的开垦农地、烧荒对碳排放影响十分明显，这些都加大了我国应对全球气候变化的难度。

实践证明，20世纪50年代以来的两次绿色革命都为人类的粮食生产作出了突出贡献，特别是以杂交育种、转基因育种等现代育种技术为代表的第二次绿色革命，更是为统筹解决粮食安全和

环境安全开辟了新道路。人类在21世纪中叶要竭尽所能完成第二次绿色革命所赋予的使命。

现代育种技术是目前为止对粮食生产贡献最大的育种技术，不仅对增加粮食产量、质量和保护种业有突出效应，更能减少农药、化肥和水的使用，对环境保护十分有利，有效减少农业生产对全球气候变化的影响，对应对全球气候变化更有重大的科学意义。

能源、食物这两个问题是人类发展面对的最大挑战，也是解决全球气候变化不可分割的一部分。只有把这两个问题和全球气候变化紧密结合起来统筹解决，才能实现人类可持续发展。

参考文献(References)

- Du F. 2017-07-18. Save the “overworked” fields. Economic Daily (杜芳. 2017-07-18. 拯救“过劳”的田地. 经济日报)
- FAO, IFAD, UNICEF, UNWFP and WHO. 2020. 2020 World Food Security and Nutrition State Report. Rome, Italy: FAO, IFAD, UNICEF, UNWFP, WHO (联合国粮食及农业组织, 国际农业发展基金, 联合国儿童基金会, 世界粮食计划署, 世界卫生组织. 2020. 2020年世界粮食安全和营养状况报告. 罗马, 意大利: 联合国粮食及农业组织, 国际农业发展基金, 联合国儿童基金会, 世界粮食计划署, 世界卫生组织)
- Green China Digest. 2021. [Looking back on “the 13th Five-Year Plan”] Green water and green mountains. Green China Digest (绿色中国文摘. 2021. 【回眸“十三五”】林草丹青绘就绿水青山图. 绿色中国文摘)
- IPCC. 2018. Special Report on Global Warming of 1.5 °C. Incheon, Korea: IPCC (联合国政府间气候变化专门委员会. 2018. 全球升温1.5℃特别报告. 仁川, 韩国: 联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC))
- Xu G H. 2012. Speech at the Cultivation and Launching Ceremony of “Collaborative Innovation Center for Global Change and Sustainable Development” (徐冠华. 2012. 在“全球变化与可持续发展协同创新中心”培育启动仪式上的讲话)
- Xu G H, Gong P, Shao L Q, Lin H, Dai Y J, Wang B, Pan Y Z and Cheng X. 2010. Several Issues Urgently Needed to Strengthen my country's Research on Global Change. Global Change Research Review. Higher Education Press (徐冠华, 宫鹏, 邵立勤, 林海, 戴永久, 王斌, 潘耀忠, 程晓. 2010. 我国全球变化研究急需加强的几个问题. 全球变化研究评论, 高等教育出版社)
- Xu G H, Liu Q Y, Luo H, Mei Y H and Huang X Q. 2020. The 21st century memorandum of mankind. China Soft Science, (9): 1-17 (徐冠华, 刘琦岩, 罗晖, 梅永红, 黄写勤. 2020. 人类21世纪备忘录. 中国软科学, (9): 1-17)

Responses and choices of global climate change in the post-epidemic era

XU Guanhua¹, LIU Qiyan², LUO Hui³, MEI Yonghong⁴, HUANG Xieqin⁵

1. Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862;

2. Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038;

3. China Centre for International Science and Technology Exchange, Beijing 100082;

4. BGI Agriculture Group, Shenzhen 518083;

5. Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275

Abstract: Global climate change is a common hot issue facing the world. For a long time, mankind believed that nature had a great decisive influence on human society, and never thought that human activities could have an impact on nature, or even a profound impact. With the accumulation of scientific knowledge and the deepening of understanding of the natural world, mankind's concept of nature has begun to change, believing that they can transform nature, and even dominate nature. Especially after the Industrial Revolution, this process has been accelerated, causing serious damage and destruction to nature. Until all kinds of new and old natural disasters became more frequent and intense, and the spread of plagues and infectious diseases became wider, some people began to reflect on and re-examine human behavior. What kind of human behavior did harm to the earth? How did the earth react to human behavior? After the global pandemic is raging, what are the characteristics of the post-epidemic era?

In the post-epidemic era, global climate change impacts and responses are showing new trends, with suddenness, globality, and relevance becoming distinctive features. At present, to focus on solving the major scientific issues of climate change, we must continue to strengthen basic research pragmatically, properly handle the relationship between the challenges of global change and sustainable development; choose our own path to respond to climate change according to my country's national conditions; further Deal with the relationship between emission reduction and increase in sinks, mitigation and adaptation; establish a major national carbon neutral project; formulate and implement larger-scale afforestation plans; focus on the future and pay close attention to the long-term human development agenda that is highly related to climate change to achieve Sustainable human development.

Key words: carbon neutrality, climate change, basic research, sustainable development