

应对气候变化为中国发展带来机遇

杜祥琬

中国工程物理研究院, 四川绵阳 621900

摘要 应对气候变化、节能减排推动着国家走绿色、低碳的道路。实质上,它不是制约经济发展,而是为国家发展带来了多方面的机遇:助推经济发展方式的转变,能源、农业、工业化、城市化的发展战略都产生着深刻影响;促进国家基础设施建设的完善;提出了广泛而丰富的基础研究课题,将有力带动国家基础研究水平的提升和创新型国家的建设。

关键词 气候变化;节能减排;经济发展方式

中图分类号 P46

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.34.001

说起应对气候变化,人们首先会想到节能减排、减少温室气体排放,而减少以CO₂为主的温室气体排放制约着化石能源的使用。在中国目前以化石能源为主的能源结构下,在工业化快速发展、能源消耗总量继续增加的阶段,限制化石能源似乎就会限制经济发展。因而人们很容易把应对气候变化和制约发展联系起来。甚至有人把气候变化问题视为是发达国家为了限制发展中国家经济发展而人为制造出来的伪科学,认为低碳是一个陷阱。不错,国际上的确有人企图要中国承担过分的减排义务,以此限制中国的经济发展。人家设陷阱并不奇怪,不往里跳就是了。重要的是:节能减排并不是源自国际气候谈判的舶来品,而是建设“资源节约型环境友好型社会”的必然要求,是中国自身健康发展的内在需求,何况气候变化本身是一个现实而严肃的科学问题。必须从国家乃至全球科学发展的战略高度认识节能减排和应对气候变化的重要意义^[1]。

应对气候变化为中国的发展带来了一系列新的机遇,适应、减缓气候变化与科学发展密切相关,将培育新的经济增长点和战略型新兴产业,将从基础研究到应用研究推动创新型国家的建设,将催生新的发展方式,有助于中国走出一条可持续发展的新型道路。

1 为转变发展方式带来的机遇

过去的30年,中国快速发展,成就巨大,举世瞩目,但也积累了“不平衡、不协调、不可持续”的深层次矛盾,资源、环境的压力持续增大,中国经济已走到了一个必须“转型发展”的阶段:由比较粗放的发展转向科学发展,由资源的低效高消耗转向资源的节约高效利用,由牺牲环境转向环境友好,由低端产业的规模扩张转向高质量高附加值的发展,由投资、出口驱动转向内需、创新驱动。必须“坚持以科学发展为主题、以加快转变经济发展方式为主线”谋划今后的发展。

(1) 能源战略。“十五”以来,中国能源消费总量增长过快,10年增长2.2倍,对资源环境带来巨大压力。2010年,中国GDP占世界生产总值的9.5%,但能源消耗已占全球的19.5%,能源排放的污染气体居世界之首,温室气体占世界的近1/4。中国煤炭的年产量已达30亿t,其中只有50%符合科学产能的标准。化石能源在中国能源消耗中的比重高达90%。单位GDP的能耗、污染排放和碳排放都过高。这既和发展阶段、产业结构有关,又和能源系统效率不高有关。美国、英国等在工业化的初期,单位GDP的能耗也曾很高,甚至高于目前中国的单位GDP能耗。但这既不是规律,也不是榜样,日本、法国在工业化过程中,单位GDP的能耗最大值就比美国、英国低得多。而且,今天的国际环境和国情,也不允许中国按美国的道路实现现代化。美国靠着掠夺全球资源,在200多年间达到了相当高的现代化水平,但同时也养成了过高的人均能耗。美国的人口不到世界总人口的5%,每年的能耗却占到世界总能耗的20%。如果世界各国都达到这个水平,就需要4.5个地球才能养活,那将是人类的灾难。简单的数据表明:中国只能以显著低于美国等发达国家的人均能耗实现现代化,这就是为什么中国要走“新型工业化道路”,而不能走美国、英国工业化道路。显然,中国的科学发展呼唤绿色、低碳能源发展道路,其3个要素是:节能;化石能源的高效、洁净化利用;发展非化石能源。这些战略要素既强调绿色,又强调低碳,是经济-环境双赢的战略,是中国可持续发展的内在需求。

与此同时,全球应对气候变化的主流战略要求各国走绿色、低碳的发展道路,朝这个方向承担义务,推动相应的技术创新与改造,采取适应和减缓措施。应该说,出于中国内在需求的战略客观上顺应了应对气候变化的要求,后者又反过来促进着中国自身需要的绿色、低碳发展,是转型发展的推动力和战略机遇。无论对气候变化有多少质疑,这个绿色、低碳

收稿日期: 2011-11-29

作者简介: 杜祥琬,研究员,中国工程院院士,研究方向为核物理学及强激光技术

发展战略都应该是稳定的、坚定的。

应对气候变化推动对中国能源的长期战略作深入的前瞻性研究,并促使中国科学地把握资源消耗和环境容量的边界。例如,中国的污染排放问题何时能基本解决?温室气体排放何时达到峰值?峰值将是多少?国家的可持续发展和国际应对气候变化的形势允许多高的峰值?现有的各研究机构对发展情景作出的估计差别很大,峰值到达时间分别在2020—2040年这个相当大的范围内,而峰值的大小(以CO₂为代表)从每年80亿t至140亿t,相去甚远。能否力争在2030年前后达到峰值,且其大小控制在约100亿t?此外,对2050年的长期情景如何估计?如何把握?这些重大问题的研究将不仅增加中国在全球应对气候变化格局中的主动权,更重要的是,将在维护中国合理发展权的同时,推动和引导国家对“资源节约型环境友好型”社会的建设作出更长远的战略谋划,对国家走健康的中国特色的新型道路具有深远意义^[2]。

(2) 节能。目前中国单位GDP的能耗比世界平均水平高一倍多。2010年,与中国GDP总量相当的日本,年能源消耗总量为6.6亿t标煤,中国却达32.5亿t标煤,是日本的4.9倍。在中国快速工业化的发展阶段,单位GDP能耗适度偏高是正常的,但高到如此程度显然已超出合理范围。因此,中国对降低单位GDP能耗和碳排放作出承诺,首先是自身转型发展的需要。实际上,节能也是完全可操作的:调整产业结构,在三大产业中,提高第三产业的比重,降低第二产业的比重,特别是二产中高耗能产业的比重,以先进生产力淘汰落后生产力,改造传统产业,发展战略性新兴产业;建筑节能、交通节能、照明节能、计算机及通信和因特网节能潜力巨大;实施节能减排工程,包括火电节煤,提高锅炉效率,推广循环经济,以节能技术提高能源利用效率,发展智能电网等;各级政府带头节能起表率作用,倡导节能环保的消费模式和生活方式。所有这些不仅具有节能本身的意义,而且对推进社会文明进步含意深刻。

在降低单位GDP能耗的同时,应该理智地控制化石能源的总量。中国能源需求不应长期保持高速增长,经济发展不能长期依靠初级生产力要素的高投入,而应注重发展的质量和效益。根据中国煤炭科学产能的实际能力,并考虑到不得不容忍一定量的非科学产能,加上对油、气、水电、核电、可再生能源发展的实际供给能力,将2015年中国的能耗总量控制在40亿t标煤左右是必要和可能的,并应成为中国经济转型发展的一个标志。

(3) 化石能源的高效、洁净化利用。在目前中国的一次能源结构中,化石能源约占90%,仅煤炭就占70%左右。今后,随着能源结构的改善,煤炭所占比例将逐步下降。根据中国工程院研究组的估计,到2050年,煤炭在中国一次能源中的比例可能降至35%—40%,仍将是重要的基础能源。因此,在相当长的时间内,煤炭的高效洁净化利用必然是节能减排工作的一个重点。在这个方向上,整体煤气化联合循环(IGCC)具有大幅提高能效和减排CO₂的明显优势,而以煤气化为核

心的煤基多联产是高效协同利用煤炭的重要途径。煤炭与可再生能源的协同利用,也有不小的潜力。石油是重要的交通燃料和化工原料,中国石油的对外依存度已高达55%,无论是为能源安全,还是为应对气候变化和改善环境,中国都必须大力节油、发展替代能源、用好国内外资源。天然气是化石能源中相对洁净的能源,包括煤层气、致密砂岩气、页岩气和天然气水合物等非常规天然气,中国天然气潜在资源较丰富,也面临着一系列勘探、开发方面的挑战和机遇。发展天然气,提高其在中国一次能源结构中的比重,应是中国能源战略的一个亮点,也是应对气候变化国家战略的组成部分。

(4) 发展非化石能源。这是改善能源结构、应对气候变化的国际性战略,也是符合中国国情的战略。非化石能源包括可再生能源和核能。可再生能源中首先是资源清晰、技术成熟的水电,要在做好生态保护的同时,积极有序地发展;同时,要因地制宜积极发展非水可再生能源,包括风电、太阳能、生物质能、地热能和海洋能等。这些能源资源丰富,应用形式多样。当前应重在打好扎实的基础,包括新概念、新材料、新工艺、新技术的研究,降低成本,规范标准,在突破技术经济瓶颈的基础上做好示范,推进产业化、规模化。可再生能源的战略地位将由目前的补充能源逐步上升为替代能源乃至主导能源之一。在安全条件下,积极稳妥发展核电是中国经济—环境双赢的战略选择。核能以其清洁和能量密度高而具明显优势,日本福岛核电站等核事故留下了经验教训,必将促进核电技术和管理的进步。中国核电需高度重视全产业链各环节的平衡、协调发展。中国非化石能源在总能源中的比重,目前不到10%,预计“十二五”末将达到11.4%,2020年应达到中国已承诺的15%,而2050年有望达到40%左右,为优化能源结构、减少温室气体排放做出重大贡献。

(5) 适应气候变化的农业。农业是国民经济的基础,13亿人口的中国必须把解决好“三农”问题放在经济首位。气候变化对农业的影响是复杂的,变暖对农业可能有正、负两方面影响,但如果是发散性的变暖趋势,反常气候和灾害天气增多,则可能对农业带来灾难性的影响。研究这些影响、研究可能的适应和减缓措施(例如充分利用高浓度CO₂的肥效作用就是一种思路),为农业决策提供科学依据,显然十分重要。

(6) 减缓气候变化的林业。中国的可持续发展、人民对环境宜居的诉求,要求保护和发展林业,这和应对气候变化要求发展碳汇的方向完全一致,中国已承诺的2020年提高森林覆盖面积和森林积蓄量的目标,体现了这个一致性,也体现应对气候变化对国家绿色发展的促进作用。推而广之,林业发展战略还可进一步扩大到对中国的生态风险进行分析评估,提出适应策略和长期战略设计。

(7) 促进垃圾分类资源化。农林废弃物和生活垃圾的就地焚烧和简单填埋是温室气体和可吸入颗粒物的排放源。中国是人口大国,也必然是垃圾大国,垃圾处理不当不仅造成严重的环境问题,而且是重大的资源浪费,甚至造成社会矛盾和冲突。走绿色、低碳发展道路,必须在全社会倡导垃圾的

无害化处理,根本出路是做好源头分类和资源化处理,其中有相当一部分是生物质能的利用,这将带动一系列技术进步,甚至培育出一个很大的产业。是落实“资源节约型环境友好型”社会的重大举措,也应看作应对气候变化国家战略的重要组成部分,而且对提高全民科学素质具有深远意义。

(8) 创新城市化模式。社会进步确实伴随着城市化的进程,中国正处在快速城市化的阶段,但什么样的城市化才是科学的、以人为本的、可持续的,是一个值得深思的问题。应对气候变化提供了一个思考的视角。“当我们关注人类与全球变暖、环境恶化的拉锯战时,通常会将更多关注聚焦在海洋、草原、热带雨林,甚至沙漠上,有意无意间,我们生活其中的城市被忽略。事实上,城市,尤其是大型城市同样是全球变暖和环境恶化的始作俑者和牺牲品,全球有一半人口居住在城市里,城市消耗了全世界 75% 的能量、排放出全球约 80% 的温室气体……从某种程度上说,理顺城市发展与自然环境的关系,找到实现城市发展与环境保护双赢的措施,就等于找到了一把确保城市持续、健康发展的‘金钥匙’”^[9]。

目前中国的城市化存在着贪大求快,低成本扩张倾向,对环境容量缺乏全局性、前瞻性评估,基础设施滞后,公共服务缺失,社会保障不强,对生态环境投入不足、景观靓丽、内在脆弱。例如,地上和地下设施缺乏统筹规划,垃圾的资源化处理跟不上人口的聚集等。这不仅是一个城市规划问题,更是一个城市化发展模式问题。宜居的城市使生活更美好,不宜居的城市也会使生活更苦恼,同样的道理也适用于农村。城市化的同时,不能把农村的进步抛在后面,只有乡村也变得宜居,城乡和谐,生活才能真正美好。因此,中国的城市化不宜把重点放在几个大都市的发展,而应以建设宜居的中小城镇群为重点,以利于人与自然和谐,城乡和谐和应对灾害,并使人们有可能得到尽可能公平的公共服务。走出中国特色的循序渐进、科学发展的新型城市化道路。

2 促进国家基础设施建设的完善

(1) 水安全战略。水对中国的可持续发展具有生命攸关的重要性。中国人均淡水资源不足世界平均水平的 1/3,而且分布不均、水质下降、节水不力、水利设施建设不到位。用水相当粗放,中国单位工业增加值用水量是发达国家的 3—4 倍。气候变化可能对中国的水安全提出新的挑战;变暖和反常气候变化可能导致干旱和洪涝更为频繁;降雨模式的改变会导致城市饮用水的可获得性发生改变,这将影响城市的增长模式。需要在气候变化环境下,更深入研究水资源的可供性,允许的水消耗和供需的可持续性。由此提出加强水安全基础设施建设的策略群:节水工程,确立以科学供应满足合理需求的供需模式和相应的政策,包括各级的水需求管理,以避免最恶劣气候条件下出现水荒和水灾的不利后果;加强城市排水排污、排涝系统的规划和建设,在快速城市化的进程中,各城市的地上建筑、“水泥森林”拔地而起,城市人口总量和人口密度迅速增加,而相应的地下排水排污、排涝系统

明显滞后,更说不上“百年大计”的谋划;如水利部门所指出的,目前,中国城市多数仍是单纯依靠排水系统排涝,没有整体性的源头控制、强化下渗、蓄滞结合的内涝防治体系,要“从住宅、公共建筑的雨水收集利用着手,削减雨水冲击负荷;多建下凹式绿地和公共空间、透水路面等,增加雨水的蓄滞和渗透能力,减少地面径流”。大力推进雨污分流,建立新的内涝防治标准。留水工程:让天然降水更多留存下来,减灾增供,潜力很大;水利工程:包括科学论证引水工程、农田水利工程、海水淡化工程以及由于海平面升高和台风等灾害天气增多提出的海岸带工程;水资源保护和水污染治理更具极端重要性,以便为持续发展提供水安全的保障。“抗旱排涝工程、水环境的治理工程都必须回到把水作为大地生命系统的完整性恢复为目的。包括水系统的生产服务、调节服务(包括旱涝调节和对气候的调节服务)、生命承载服务(滋养生命万物)和文化服务(包括审美游憩和精神服务)”^[10]。

解决好与水有关的防灾、减灾、水安全和水环境问题,必须城乡统筹,逐步加强农村的基础设施建设,城乡共建是解决好水安全问题的长远大计。

(2) 环境与气候监测体系的完善。国家需要建立完善的对污染排放的监测,对温室气体的监测,对气候的监测和生态、环境的监测。这个监测系统可利用的手段有地基观测网站体系并逐步建立天基观测体系;利用多种技术手段,对大气参数的变化进行监测,利用多种人造卫星的星座,监测地球表面温度、大气温度、大气中温室气体及污染物的浓度,“改进从地表至太空各垂直高度上的观测”,监测海洋、冰盖、森林等的变化,与理论模拟结果进行比较,校正理论模型。并可用以监测灾害的发生发展,研究各种“地球工程”干预气候变化的可能性与科学性。

完善这个监测体系对中国的可持续发展提供自然环境及其趋势的信息,也可更主动应对国际 MRV 的磋商。

(3) 将气候变化因素纳入环境评价。30 年来的经济发展伴随着污染排放和温室气体排放的增加,“严峻的现实告诉我们,那种依靠高投入、高消耗、高污染的老路绝不能再走下去了。面对人与自然的类锐矛盾,如果在思想认识上麻木不仁、在环境管理上因循守旧、在环境技术上无所作为,必然付出沉痛的环境代价,甚至造成无可挽回的损失;如果在认识上迅速觉醒、管理上不断创新、技术上勇于突破,就一定将迎来人与自然和谐发展的曙光”^[11]。

随着国家的进步和人民生活水平的提高,人们的环境观念也在进步,对改善环境的诉求不断提高,环境建设已成了社会安定和生活幸福的要素和基本建设之一。面对现实存在的环境欠账,中国科学院有关专家的分析表明:2020 年,如果保持 2000 年的环境质量,单位 GDP 的环境影响要降到 2000 年的 1/4;如果要求环境质量有更明显的改善,则单位 GDP 的环境影响要降到 2000 年的 1/10。可见环境问题的严重程度,大气、水、土壤三大污染问题都已相当尖锐。因此,在新的发展阶段,必须把环境质量作为科学发展的重要指标,

也必须把环境质量作为各级政府政绩考核的重要指标。将 PM_{2.5} 列入空气质量报告,将同时有助于减少污染排放和温室气体排放。同时,“开展将气候变化因素纳入环评指标的相关研究,在此基础上考虑制定新的环评指南。将减缓和适应气候变化作为一个评价指标。在项目环评中,除了考察建设项目带来的温室气体排放之外,还应该根据未来气候变化情景修改建设项目的设计参数,适应气候变化。制定相关环境经济政策时要对 CO₂ 予以考虑,运用经济手段达到节能减排和减少温室气体排放的多赢效果”^[9]。

(4) 广义智能能源网建设。电网是国家的重要基础设施,随着新能源的发展、信息技术、特高压技术等等的进步,使建设一个安全可靠、经济高效、对新能源友好的智能电网成为必要和可能。中国国情的特点(如能源资源和用户分布极不平衡)也必然给中国的智能电网带来中国特色。考虑到气候变化以及风能和太阳能的比重会逐步提高,中国智能电网除提高对电源侧和用户侧的实时监测、智能调节、风险防控和应急处置能力外,也宜考虑把气象、气候监测网与电网联动起来,发挥它对天气的“侦察”功能,也发挥它对太阳能、风能电源侧的预测、预报功能,以及对灾害天气的预测、预报功能。电网与气象网结合,形成“测、报、防、控、抗、救”完整的防灾减灾体系链。更进一步,可使电网、天然气网、供热(冷)网、水网和气象网协同起来,形成一个高效、互动的广义智能能源网,成为一个现代化的国家基础设施。

(5) 基础数据库的形成和发布能力建设。科学发展离不开“心中有数”,完整、准确地掌握事关可持续发展的准确数据,是科学评估和决策的基础。如能源、环境、生态、生物多样性、资源、气候、健康……的系统性的数据。支撑基础数据的工作包括实际观测、理论计算、收集整理和评估编纂。在部门和地方工作的基础上,形成国家的数据库很有意义。进一步,随着中国国力的增强和国际作用与责任的增大,还应逐步做到对全球有关数据的掌握,进行科学的分析评估,并有能力作必要的全球发布。国际上有一些这方面做得不错的机构,如英国的 BP 公司,每年发布全球和世界各国与地区的能源年鉴,有一定的价值和权威性。这方面,国内已有大量工作基础,但有改进的空间。这一基础工作的完善和能力的提高,不仅会增强中国在气候变化和各个国际领域中的话语权,也是国家进步的重要标志之一。

3 推动国家基础研究水平的提升

围绕人类生存环境的可持续性,认识和应对气候变化提出了广泛而丰富的基础研究课题,可有力带动国家基础研究水平的提升,促进原始创新和学科交叉,支撑科学发展,并强化中国在国际科学界的话语权。在这方面,美国国家科学基金会(NSF)等资助的研究很有启发性^[6-12]。

(1) 基于大气科学的可持续地球综合模拟。气候变化的复杂性在于其物理因素众多、密切相关、且存在非线性行为。气候建模本身就是一个复杂的工作,国家气候中心和国际上

的同类中心在不断完善着气候建模,其中,不仅包括了大气、陆地、海洋、植被、冰川及大气化学等因素,也计入了与人类活动有关的全球碳循环、气溶胶等,太阳的作用是作为一个重要的输入。气候模式不仅包括求解有关的方程组,更离不开大量的物理参数,越精细求解,计算量越大,也可称为气候云计算体系。发展气候模式与空气污染模式相耦合的模式,建立共同预报和风险评估的科学基础,更完整地把人类的群体行为纳入气候建模中,是一个有难度和特点的工作。建模中的自然因素都服从物理规律,而人类行为的影响却与经济水平、能源结构与效率、技术能力及政策等因素有关,从而成为气候模式中最具复杂性和动态性的内容。大气科学研究的一个具体目标,就是建立高置信度的气候系统模式,求解这样的气候模式,将使人们深入理解人类与气候的相互作用,以及是否存在人类影响气候变化的临界点。反之,也将进一步认识气候变化对人类活动可持续性的制约,例如对城市化、工业化模式的影响,对土地管理和利用、对水的可供性及灾害的可控性与可适应性的理解。

进一步建立地球可持续性的建模与计算能力,建立可以统一处理包括气候、环境与地球资源在内的人类可持续发展的计算模型和计算方法。为此,需要跨学科的软件设计,也需要超大容量和运算速度的高性能计算机。同时,这也是一个培养新一代计算机和计算物理学家的舞台。

(2) 地理工程学。包括气候在内的全球和地区性的多种变化,提出了许多涉及跨学科的对策研究课题。例如,地下空间的保护和基础设施建设就很突出,随着地下水的抽采,煤炭、石油、天然气及矿产资源的开采,地下空间和地面的稳定性及其对地上设施建设的影响已成为需要高度关注的实际问题。它又会使人们进一步深化对工业化和城市化应有的科学模式和可持续性的认识。同时,地下空间也被用作 CO₂ 封存和工业废弃物及核废物地质储存的场所,这些事情必须与水资源保护、食物生态系统维护、土壤保护、国防安全等关联起来,进行综合研究。尤其重要的是,只有在这种综合研究的基础上,才能提出可持续发展的地下基础设施建设的科学方案。这是涉及地学、力学、生物学、机械、材料及信息技术等交叉学科的工作。人类是否有可能实施一些全球尺度的“地球工程”,不对生存环境带来负面效应,又能遏制气候变化的不利影响甚至改变气候,也属于这一研究领域。

(3) 海洋与气候学。海洋不仅有巨大的吸收 CO₂ 的能力,而且海洋吸收和储存能量的能力可以缓冲极端气候变化;另一方面,海洋表面温度和洋流对大气有重要影响,而海洋表面的蒸发是地球上大部分降水的来源;海洋溶解过多的 CO₂,会导致海洋酸性增加,从而打破海洋的化学平衡,破坏海洋生态系统(含鱼类);气候变化会改变海平面的高度和海洋盐度,海洋温度上升可能使海底天然气水合物融化,释放甲烷,后者又会反过来导致温度进一步上升,而天然气水合物(可燃冰)是重要的能源资源。海洋与气候学的研究不仅对认识气候变化十分重要,而且对人类认识、保护和利用海洋生物

和资源具有重大意义。

(4) 冰雪研究的多重意义。冰雪和气候变化是互相影响的重要因素,覆盖陆地面积约 10%的冰和雪通过对太阳辐射的反射,影响着日地之间的热交换,极地海冰覆盖状况的变化是气候变化的先兆者、指示剂,又是气候变化的驱动者。2011 年 11 月 15 日中国发布《第二次气候变化国家评估报告》指出,近 60 年间,中国陆地表面温度上升导致大部分冰川面积缩小一成。三江源地区绝大部分冰川表现为后退。这些明确的结论值得引起高度重视并深化规律性的研究。冰的形成和融化会影响海洋的温度、盐度和海水面的高度。冰川积累和融化模式受到全球气温和天气模式变化的直接影响,又影响着人类淡水供应这一重大问题。高海拔地区雪线的变化影响着该地区的生态系统和生物多样性的变化,而北极海冰的变化可能会引起生物链的连锁反应,乃至引发自然界和社会性的重要后果。

(5) 陆地与气候的相互作用。陆地上的淡水对人类和自然界意义重大。淡水的很大一部分储存在巨大的冰原上,气温上升会引起冰川储水融化、湖泊淡水更快蒸发,从而严重破坏饮用水的供应。陆地上的森林是重要的碳汇,但碳汇作用的大小可能与气候带有关:热带森林的碳汇作用可能强于北纬地区。人类对土地的利用方式会影响碳循环和气候,这个影响包括生物地球物理作用和生物地球化学作用,研究会有助于评估和预测土地利用变化对气候的影响,促进政府有关决策的科学化。气候变化会导致森林和农作物生长带的转移,动物的迁徙,物种分布的改变,引起生态系统和水文循环的变化,这对人类的生存环境意义重大。变暖使陆地上的永冻土融化,导致向大气排放温室气体,但升温又会导致苔藓的生长,而后者有吸收 CO₂ 的作用,需弄清哪个作用更强。

(6) 气候变化中的生命和生态系统。气候变化可能打破生态系统中各物种间原有的平衡,影响植物的生长和动物的繁衍,甚至影响到人类的生存。而动植物有机体不仅为人类提供衣、食、住的资源,还调节着地球村的温度、湿度和呼吸所需的氧气,生物调节着大气的成分,参与碳循环,从而影响气候。研究已经表明了气候变化对生物多样性的影响,北极熊和红树林受到威胁是例证。气温升高可能引起某些动物的基因漂移和基因表达。气候变暖可能引起真菌疾病和传染病暴发。研究在气候变化下生物的进化、遗传以及生物适应能力显然很有意义。气候变化诱发的变化(如新植被的生长)又会反过来影响气候,这个反馈是正反馈还是负反馈,将决定这个过程是收敛还是发散(灾变)。人类作为一种特殊的生命存在,既可能是气候变化的责任者之一,又承受着气候变化的后果,同时,人类也可能作出自己的努力,去适应、缓解或改变气候变化的进程。

(7) 创新 CO₂ 捕获与利用技术(CCU)。为应对气候变化提出的一项专门的低碳技术,是碳捕获与储存技术(CCS)。其中,CO₂ 的捕获,已有了不少研究,即使不是为了减少温室气

体排放,这个技术也是有用的。例如,“在氢氨的生产以及天然气的提纯过程中,都要将 CO₂ 去除”。为此,已开发了更为节约资金和能源的新工艺——选择性隔膜。这种工艺也有许多其他的潜在应用。问题在于储存这一步,把每年多达几十亿吨(甚至更多)的 CO₂ 深埋地下,不仅是一个耗费巨大的工程,还可能产生一些长期后果。如果只是封存起来并不带来其他的效益,企业做这个封存的动力从何而来呢?所以,CCS 这个路子是否走得通是值得认真考虑的。从长计议,似应提倡发展碳捕获与利用技术(CCU)。CO₂ 的利用已有一些有益的尝试,例如将 CO₂ 注入地下油井,提高石油的采收率,提高页岩气的采收率等。微藻吸收 CO₂ 资源化利用能否成为上规模的产业,也在试验中,此外还提出了利用太阳能的人工光合作用将 CO₂ 和 H₂O 转化成汽油的思路,以及利用 CO₂ 杀灭虫害、干洗衣服、为计算机服务器降温、食品保鲜等。CCU 是一个方向,它呼唤着创新,甚至可能催生新的产业。

4 结论

应对气候变化的行动可归结为“减缓”和“适应”两大类。本文“为转变发展方式带来的机遇”、“促进国家基础设施建设的完善”中,用国家科学发展需求的语言,表述了属于“减缓”和“适应”气候变化需要做的一系列工作,而这些工作又提出了一系列基础科学和基础技术的课题,从而促进中国基础研究水平的提高。这些说明:应对气候变化与科学发展在方向上的一致性。全球气候变化提出的挑战,实质上是对国家乃至人类发展方式的挑战,应对气候变化带来的机遇正是转变发展方式、走向可持续发展的机遇,必将为创新国家和人类更为健康的发展道路作出贡献。

参考文献 (References)

- [1] 杜祥琬. 应对气候变化战略的科学性[J]. 科技导报, 2011, 29(31): 15-17.
- [2] 中国能源中长期发展战略研究项目组. 中国能源中长期(2030、2050)发展战略研究报告[R]. 北京: 科学出版社, 2011.
- [3] 叶松亭. 有限空间中的“可持续发展”难题[N]. 文汇报, 2011-08-07.
- [4] 俞孔坚. 水殇[N]. 文汇报, 2011-06-03.
- [5] 周生贤. 探索中国环保新道路要着力构建强大坚实的科技支撑体系[N]. 科技日报, 2011-08-12.
- [6] 英国皇家学会. 科学洞察未来[J]. 科技导报, 2011, 29(24): 15-24.
- [7] 李玉戎. 全球气候: 变暖还是变冷——访世界气象组织(IMO)奖获得者、中国科学院院士秦大河[J]. 科技创新与品牌, 2011(5): 12-15.
- [8] 美国国家科学基金会. 破解谜题: 研究气候变化对全球的影响(I)[J]. 科技导报, 2011, 29(15): 15-27.
- [9] 美国国家科学基金会. 破解谜题: 研究气候变化对全球的影响 (II)[J]. 科技导报, 2011, 29(16): 15-24.
- [10] 美国国家科学基金会. 破解谜题: 研究气候变化对全球的影响(III)[J]. 科技导报, 2011, 29(17): 15-21.
- [11] 美国国家科学基金会. 破解谜题: 研究气候变化对全球的影响(IV)[J]. 科技导报, 2011, 29(18): 15-22.
- [12] 蒂姆·富兰纳瑞. 是你, 制造了天气[M]. 越家康译. 北京: 人民文学出版社, 2010.

(责任编辑 陈广仁)