

全球变化背景下中国应对气候变化的主要进展和展望

孔锋^{1,2,3}, 王一飞¹, 吕丽莉^{1,2} (1. 中国气象局气象干部培训学院, 北京 100081; 2. 中国气象局发展研究中心, 北京 100081; 3. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 北京 100875)

摘要 首先, 从全球气候治理的重大国际会议和协定着手, 分析了近年来《巴黎协定》、马拉喀什气候大会和中美气候合作的主要进展及中国贡献。其次, 从中国适应气候变化和应对气候变化的角度, 多层次综述了中国在治理气候变化中的主要进展。再次, 追踪了中国应对气候变化的主要科技进展和成就。最后, 从气候变化等环境风险领域, 从 6 个方面对未来气候变化风险进行了展望, 以期为全球气候变化治理贡献相应的科技支撑方案。

关键词 气候变化; 温室气体; 巴黎协定; 气候治理; 中国

中图分类号 S126 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)01-0018-06

Progress and Prospect of China's Response to Climate Change under the Background of Global Change

KONG Feng^{1,2,3}, WANG Yi-fei¹, LÜ Li-li^{1,2} (1. China Meteorological Administration Training Center, Beijing 100081; 2. Development Research Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081; 3. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875)

Abstract Firstly, Starting from the important international conferences and agreements on Global Climate Governance, the recent progress of the Paris Agreement, the Marrakech climate conference and the major progress of China & US climate cooperation and China's contribution were analyzed. Secondly, from the perspective of China's adaptation to climate change and climate change, the main progress of climate change in China was reviewed from a multi level perspective. Once again, the main scientific and technological progress and achievements in China's response to climate change was tracked. Finally, from the environmental risk areas, the future risks of climate change were predicted from six aspects, with a view to contributing to the scientific and technological support program for climate change governance.

Key words Climate change; Greenhouse gases; Paris Agreement; Climate governance; China

气候变化关系全人类的生存和发展^[1]。科学研究和观测数据表明, 近百年来全球气候正在发生以变暖为主要特征的变化^[2]。气候变化导致冰川和积雪融化加速, 水资源分布失衡, 生物多样性受到威胁, 灾害性气候事件频发^[1-2]。气候变化还引起海平面上升, 对农、林、牧、渔等经济社会活动产生不利影响, 加剧疾病传播, 威胁经济社会发展和人群健康^[3]。我国人口众多, 人均资源禀赋较差, 气候条件复杂, 生态环境脆弱, 是易受气候变化不利影响的国家^[4-7]。近 1 个世纪以来, 我国区域降水波动性增大^[8-10], 西北地区降水有所增加, 东北和华北地区降水减少, 海岸侵蚀和咸潮入侵等海岸带灾害加重^[11-12]。气候变化还导致了极端天气气候事件发生频率的增加, 农业生产灾害损失加大, 重大工程建设和运营安全受到影响^[7]。积极应对气候变化, 既是中国广泛参与全球治理、构建人类命运共同体的责任担当, 更是实现可持续发展的内在要求。

1 全球气候治理中重大会议和协定进展

1.1 《巴黎协定》的作用及中国贡献

在中国、欧盟等国家和地区的积极推动下, 应对气候变化的《巴黎协定》于 2015 年 12 月 12 日最终达成^[13]。2016 年 11 月 4 日, 《巴黎协定》正式生效, 标志着合作共赢、公正合理的全球气候治理体系正在形成, 具有里程碑意义。《巴黎协定》从通过到生效历时不足 1 年, 成为史上获得批准生效最快的国际公约之一。《巴黎协定》如约达成与快速进入生效期, 彰显了全球各国低

碳转型的决心, 极大地提振了全球应对气候变化的信心。《巴黎协定》的履行, 有利于指引全球温室气体排放, 形成气候适应力^[14]。中国在《巴黎协定》的达成、签署、批准、生效的整个过程中, 做出了关键性的重要贡献, 推动全球气候治理进入新阶段。《巴黎协定》是国际气候治理进程的一个里程碑。全球应对气候变化的基本格局已从 20 世纪 80 年代的南北两大阵营演化为当前的南北交织、南中泛北、北内分化、南北连绵波谱化的局面。在这种格局下, 《巴黎协定》实现了利益平衡^[15]。发展中国家快速发展, 主要经济体或谈判方在经济、排放、贸易等领域中的国际格局有所调整, 导致各方谈判诉求出现变化, 南北界限趋向模糊, 而这些变化成就了《巴黎协定》新共识^[16]。虽然未来国际气候治理的总体框架已经确立, 要使其成为具体的实施方案, 还需开展精细化、规则化的谈判。未来谈判仍面临“原则”、减排模式和目标、资金来源及治理、透明度及全球盘点等问题^[17]。在后巴黎时代, 《巴黎协定》所确立的责任共担的共识, 将成为各方积极开展务实行动的基础^[13-14]。

1.2 马拉喀什气候大会的作用及中国贡献

《联合国气候变化框架公约》第 22 次缔约方大会(马拉喀什气候变化大会)于 2016 年 11 月 7 日在摩洛哥马拉喀什开幕, 这是《巴黎协定》正式生效后的第一次联合国气候变化大会。马拉喀什气候变化大会是《巴黎协定》正式生效后在落实行动方面的一次承前启后的大会。中方此次参加大会, 期待各方遵循公平、共同但有区别的责任和各自能力原则, 以合作、务实的态度参与新的气候治理进程^[18]。大会讨论的议题主要有《巴黎协定》实施细则后续谈判路线图和时间表; 督促各国按照《气候变化框架公约》《京都议定书》及多哈修正案的规定, 提高 2020 年前的行动力度, 落实自己的承诺, 为《巴黎协定》

基金项目 中亚大气科学研究基金项目(CAAS201804); 国家自然科学基金面上项目(41775078)。

作者简介 孔锋(1986—), 男, 山西临汾人, 工程师, 博士, 从事气候变化风险、自然灾害与环境演变研究。

收稿日期 2017-11-03

的实施奠定政治基础;发达国家对发展中国家的气候变化应对资金、技术和能力建设援助,特别是审议发达国家为发展中国家每年提供 1 000 亿美元资金的落实情况;审议各国落实“国家自主贡献”的行动情况。马拉喀什气候大会上,各缔约方所关注的焦点主要有 2 方面:一是《巴黎协定》实施细则的后续谈判路线图和时间表,特别是《巴黎协定》的实施模式、程序、指南的谈判问题;二是 2020 年前,如何使发达国家每年 1 000 亿美元的气候资金、技术和能力建设援助落到实处,确保融资的可及性。而投资者则比较关注《巴黎协定》有关碳排放配额的国际交易问题,特别是建立一个共同和健全的会计规则框架,以及创造一个崭新、宏伟的市场机制^[19]。尽管此次马拉喀什大会还面临挑战,但是一些发达国家还是提出了自己的承诺,这有助于进一步增强各缔约方互信^[20];同时,由于机制灵活,所有的缔约国对《巴黎协定》的实施充满了期待,这也为《巴黎协定》未来的执行创造了良好的政治氛围。

1.3 中美气候治理合作 气候变化已经成为中美双边关系的一大支柱。双方致力于落实关于气候变化问题的元首联合声明,并将在迄今已取得的实际进展和丰硕成果的基础上,不断深化和拓展中美双边气候变化合作^[21]。中美两国已经激励全球采取行动构建绿色、低碳、气候适应型世界。气候变化已经成为中美双边关系的一大支柱。双方致力于落实关于气候变化问题的相关联合声明,并将在迄今已取得的实际进展和丰硕成果的基础上,不断深化和拓展中美双边气候变化合作。中美双方认识到国际航空在应对气候变化中的重要作用,中美两国支持国际民航组织大会就全球市场措施方案达成协商一致,并期待成为该措施的早期参与方。中美承诺将继续采取有力度的国内行动,以进一步推动国内国际两个层面向绿色、低碳和气候适应型经济转型。在美国的电力行业,对风能和太阳能生产和投资的税收抵免政策延期 5 年相当于在未来 5 年部署约 1 亿 kW 可再生能源,美方还暂停了联邦土地上的煤炭开采租赁,同时对占全美煤炭供应量约 40% 的联邦煤炭项目开展全面评审。在交通领域,美方已经完成载重汽车的能效标准制定,在项目实施期间将减少至少 10 亿 t 碳污染。在建筑领域,美方于 2017 年制定完成 20 项额外的电器和设备能效标准,将有助于实现减少 30 亿 t 碳污染的目标。在非二氧化碳排放方面,美方 2017 年完成了减少国内氢氟碳化物及油气和垃圾填埋行业甲烷排放的措施制定^[22]。中国正在大力推进生态文明建设,促进绿色、低碳、气候适应型和可持续发展。“十三五”期间(2016—2020 年),中国单位国内生产总值二氧化碳排放和单位国内生产总值能耗将分别下降 18% 和 15%,非化石能源占一次能源消费比重将提高至 15%,森林蓄积量将增加 14 亿 m³,作为实施其国家自主贡献的切实和关键步骤。中方将继续努力提高工业、交通和建筑领域的能效标准,推动绿色电力调度以加速发展可再生能源,于 2017 年启动全国碳交易市场,逐步削减氢氟碳化物的生产和消费。中方还将推进交通运输低碳发展,加强标准化、现代化运输装备和节

能环保运输工具推广应用。

2 中国应对气候变化主要进展

中国不断强化适应气候变化领域的顶层设计,先后出台了《国家适应气候变化战略》和《城市适应气候变化行动方案》,提升重点领域适应气候变化能力,加强适应气候变化基础能力建设,减轻气候变化对中国经济建设和社会发展的不利影响。

2.1 水资源领域 中国政府于 2012 年出台《关于实行最严格水资源管理制度的意见》,连续 3 年开展最严格水资源管理制度年度考核,实现了“十二五”全国用水总量控制目标。推进农业、工业和生活服务业节水,强化用水定额和计划管理,建设 100 个全国节水型社会建设试点和 200 个省级节水型社会建设试点。水利部出台《关于加快推进水生态文明建设的意见》,启动了 105 个全国水生态文明城市试点建设。开展全国重要河湖健康评估。积极推进江河湖库水系连通,改善河湖水生态环境^[23]。加强黄河、黑河、南水北调水量调度工作,确保重点城市供水安全和生态安全。开展国家水资源监控能力建设,基本建成重要取水户、重要水功能区和大江大河省界断面三大监控体系。加强江河治理骨干工程建设,完善大江大河防洪减灾体系。流域和区域水资源配置格局不断完善,全国新增供水能力 380 亿 m³,城乡供水保障能力明显提高。开展大规模农田水利设施建设,实施大型和重点中型灌区续建配套和节水改造,加快东北节水增粮、华北节水压采、西北节水增效等区域规模化高效节水灌溉^[24]。强化水土流失的综合治理,“十二五”期间累计完成水土流失综合治理面积 26.6 万 km²。

2.2 农业和生态系统 中国农业部等部门印发《关于推进节水农业发展的意见》《关于做好旱作农业技术推广工作的通知》,继续开展农田基本建设、土壤培肥改良、病虫害防治等工作,大力推广节水灌溉、旱作农业、抗旱保墒与保护性耕作等适应技术^[25]。加大草场改良、饲草基地以及草地畜牧业等基础设施建设,鼓励农牧区合作,推行易地育肥模式,合理调整水产养殖品种、密度,加强渔业基础设施和装备设施。实施退牧还草、京津风沙源治理和游牧民定居等重大工程。进一步落实草原经营管护制度,推进草原畜牧业生产方式转型发展。国家林业局发布《林业适应气候变化行动方案(2016—2020 年)》,开展森林适应气候变化试点工作。继续实施湿地保护恢复工程,提升湿地生态系统适应能力,启动国家沙漠公园建设试点。强化气候变化对生物多样性的影响评估。环境保护部提出生物多样性与气候变化相互影响的评价指标体系,组织东北地区、青藏高原等典型区域气候变化对生物多样性影响的评估^[26]。国家林业局加强生态观测研究平台建设,加入国家陆地生态系统定位观测研究站的数量达到 166 个。

2.3 海洋领域 中国政府批准了《全国海洋功能区划》(2011—2020 年)和沿海各省(自治区、直辖市)省级海洋功能区划,对中国管辖海域的开发利用和环境保护作出了全面部署^[27]。国家海洋局印发《海洋生态文明建设实施方案》,

扩大海洋生态红线制度实施范围,加大沿海地区海洋生态修复力度;组织编制《全国海洋经济发展规划(2016—2020年)》《全国海岛保护“十三五”规划》,辽宁、河北、山东、江苏、浙江、福建、广东、广西8省(自治区)编制了海岛保护规划。国家海洋局初步建立了近海海-气界面二氧化碳交换通量监测业务,加强海洋灾害观测预警和防灾减灾,开展海平面变化监测和影响评估,每月发布《海洋与中国气候展望》,强化面向沿海重点保障目标的精细化预报,完善海洋渔业生产安全环境保障服务系统,加强海洋灾害防护能力建设^[28],每年发布《中国海平面公报》和《中国海洋灾害公报》,开展国家、省、市、县海洋灾害风险评估与区划试点。

2.4 海岸带领域 2015年以来,中国进一步加强海洋灾害观测预警和应急管理工作,全国11个沿海省份均加强海洋灾害的观测预警和应急管理工作,国家海洋局推进海洋观测预报体系建设,开展海洋碳循环监测与评估,强化海洋预报预警^[29]。开展海平面变化监测,开展面向沿海重点保障目标的精细化预报,进一步完善海洋渔业生产安全环境保障服务系统,向中国53个渔场28万余条渔船提供海浪和风场预报警报信息。国家海洋局发布了《2015年中国海平面公报》和《2015年中国海洋灾害公报》,开展国家、省、市、县海洋灾害风险评估和区划试点,修改完善《海洋灾害风险评估和区划技术导则》《沿海大型工程海洋灾害风险排查技术规程》。利用中央专项资金支持修复保护项目30余个,在江苏、上海、浙江和海南等地所辖海岛修建防风、防浪和防潮工程,建设沿海防护林工程,有效改善了海岛防灾减灾基础设施,提高了海岛应对气候变化的能力。

2.5 气象领域 加强极端天气气候事件监测预警和气象灾害风险管理,国家级预警信息实现自动对接。风云二号G星投入业务运行,综合观测系统的自动化、标准化和集约化程度明显提高。编写《气象灾害信息管理系统建设实施方案》,建立全国统一的气象灾害信息管理数据库,编制《台风灾害风险区划技术指南》。推进暴雨洪涝气象灾害风险普查和城市内涝风险预警工作,启动8个城市内涝风险预警试点。推进中国气候服务系统建设,开展农业气候资源、农业气象灾害风险区划和生态气象监测与评价服务^[30]。加强环境气象预报预警,完善了静稳天气指数等评价指标,开展大气污染扩散气象条件和污染减排效果的量化评估服务。每年发布《中国气候公报》和《中国气候变化监测公报》。

2.6 防灾减灾领域 全面实施《国家综合防灾减灾规划(2011—2015年)》和《国家气象灾害防御规划(2009—2020年)》,重点实施全国七大流域防洪工程、全国山洪灾害防治工程、国家救灾物资储备库建设工程等,积极推进国家自然灾害救助指挥系统建设工程、全国自然灾害综合风险调查工程等,健全灾害管理体制机制,建立灾害预警体系,加强防灾减灾基础设施建设^[6]。各地深入推进社区综合减灾工作,共创命名全国综合减灾示范社区6551个,全面加强城乡综合防灾减灾能力。民政部组织开展140余项减灾救灾领域重大科研项目,增强减灾科技支撑能力。“十二五”期间

国家减灾委、民政部共针对各类自然灾害启动国家救灾应急响应158次。国务院印发《国家突发事件预警信息发布系统管理办法》。民政、水利、农业、气象、林业、地震、海洋等部门进一步加强灾害监测预警体系建设,完善江河洪水、干旱和暴雨、森林火险、海洋观测等监测站网,提升预警预报的时效性和准确性。全面开展了山洪灾害防治、洪水风险图编制、抗旱应急水源工程和国家防汛抗旱指挥系统工程建设,国务院批复了长江、黄河和松花江防御洪水方案,初步建成2058个县级山洪灾害监测预警系统和群测群防体系,全国报汛站点增加到9.7万个,有力地应对了频发重发的水旱灾害,防汛抗旱防灾减灾能力不断提高。“十二五”期间国家防总、水利部共启动防汛抗旱应急响应70次。

2.7 人体健康领域 2015年以来,中国开展与气候变化密切相关的疾病防控工作。加强传染病监测、报告和处置,进一步完善传染病网络直报系统。加强与气候变化密切相关的登革热等虫媒传染病和手足口病等肠道传染病防控工作。加强了应对气候变化卫生应急保障工作,国家卫生计生委会同气象等部门对我国极端天气及自然灾害发生形势进行分析预判。继续开展了登革热防治工作及做好高温天气医疗卫生服务工作,开展防汛、抗旱、防台风卫生应急督导检查,组织做好自然灾害卫生应急和高温天气医疗卫生服务工作^[31]。国家卫生计生委积极开展适应政策指标研究,与世界卫生组织(WHO)合作开展全球环境基金项目“适应气候变化保护人类健康”。

3 中国适应气候变化主要进展

3.1 节能减排和增加森林碳汇 2016年中国单位GDP碳排放比2015年下降3.9%,从可获取的近几年数据来看,单位GDP碳排放持续下降,下降幅度基本保持稳中有升。近年来,中国单位国内生产总值能耗不断下降,2012—2016年单位GDP能耗分别下降31.4%、31.2%、38.1%、41.9%和35.4%,降幅分别达3.7%、3.8%、4.8%、5.5%和5.0%,节能成效显示出逐年向好的趋势发展^[32]。与此同时,2012—2016年清洁能源消费量占能源消费总量的比重逐年上升,分别为14.5%、15.5%、17.0%、18.0%、19.7%,发展清洁能源政策落实良好,能源消费结构不断优化。

2016年,全国完成造林678.8万 hm^2 (图1),完成森林抚育836.7万 hm^2 。退耕还林工程新增退耕还林还草任务100.7万 hm^2 ,完成造林79.6万 hm^2 ,累计下达新一轮退耕还林还草任务200.7万 hm^2 。京津风沙源治理工程完成造林25.1万 hm^2 ,工程固沙9800.0 hm^2 。三北及长江流域等重点防护林体系工程完成造林117.3万 hm^2 。到2016年,全国城市建成区绿地率达36.4%,人均公园绿地面积达13.5 m^2 ,城市建成区绿地达197.1万 hm^2 ,城市公园绿地达64.1万 hm^2 。

3.2 积极开展低碳试点 为推进生态文明建设,推动绿色低碳发展,确保实现我国控制温室气体排放行动目标,国家发展改革委分别于2010和2012年组织开展了2批低碳省区和城市试点。按照“十三五”规划《纲要》《国家应对气候变化规划(2014—2020年)》和《“十三五”控制温室气体排放工

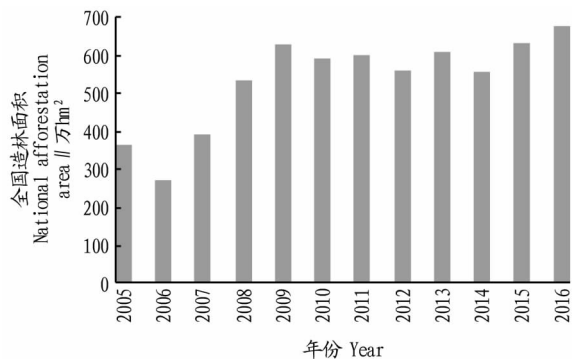


图1 2005—2016年全国造林面积

Fig. 1 National afforestation area during 2005 - 2016

作方案》要求,为了扩大国家低碳城市试点范围,鼓励更多的城市探索和总结低碳发展经验,经统筹考虑确定在内蒙古自治区乌海市等45个城市(区、县)开展第三批低碳城市试点。各试点省市认真落实试点工作要求,在推动低碳发展方面取得积极成效。2017年中国要启动全国的碳市场,目前各项准备工作正在积极进行。首先,已在全国7个省市开展了碳市场的试点工作,进展非常顺利。目前已做到了有机构、有地方立法,确定了配额,也分配了这些配额,建立配额的分配办法,还建立了核算报告、核查的体系,建立了交易规则,完善了监管的体系和能力建设,基本形成了要素完善、特点突出、运行平稳的地方碳排放权交易市场。具体措施体现在:①制定了全国碳排放交易配额总量设定和分配方案。②印发了关于做好全国碳排放权交易市场启动重点工作的通知,开展了重点排放企业历史碳排放数据的核算、报告与核查工作,涉及到重点企业7000多家。③加快了立法。起草完成了《全国碳排放交易管理条例》,已经列入了国务院的立法计划;起草了企业碳排放报告管理办法、市场交易管理办法等,在法律法规上做了充分准备。④加强了基础能力建设。加强了参与市场建设的人员培训,建立了报告核查的技术问询平台,还有温室气体排放数据的报送系统等。中国的碳市场启动和全面建成需要一段时间,但是一旦建成之后将是全球碳排放权交易市场中规模最大的市场^[33]。

4 中国应对气候变化的主要科技进展

4.1 气候观测系统和气候变化基础数据

国家气候观测台建设逐步推进,完成了WMO和气象部门气候观测系统需求调查,研讨了国家气候观测台发展建设思路,进一步明确了观测台的业务定位、主要功能和运行管理机制。开展了地面观测要素数字传感器测试评估和自动气候站整站测试评估工作。完成自动日照计与气象辐射观测系统测试评估方案编制。对5个本底站10套双通道气相色谱阀箱进行优化升级,完成了7个大气本底站仪器设备的巡检和标校工作,提升大气成分本底观测站网的运行保障能力。积极推进高光谱温室气体监测仪研制,完成风云三号04星(FY-3D)、全球二氧化碳监测科学试验卫星(简称“碳卫星”)发射前准备工作。碳卫星已于2016年12月22日成功发射,地基温室气体监测能力建设逐步增强。中国百年气温序列研制取得新突破,新建了全球陆地气温、降水序列,重建了中国西部近百

年气温变化序列。开展了全球基础数据集、再分析资料及模式产品对比评估技术;建立了全球地面平均气温、最高气温、最低气温及降水量等要素的质量控制及日值的统计算法;通过筛选中国周边国家站点资料,实现对中国西部地区站点资料的补充。新建了中国格点化日降水数据集,重建了中国高空气温和水汽序列,为我国气候变化研究提供可信的基础资料^[34]。整合了中国分区县灾情数据集,引入了国民经济统计综合数据集产品。研制包括灾害发生时间、灾种、影响强度等的中国区县级灾情历史数据集;分析各气候变量之间的相互关系,得到导致各区县典型灾害的主要致灾气候变量。开展区县国民经济关键指标统计数据 and 气象台站基本要素数据的关联组织与分析,构建一套时空统一、长序列的分区县综合要素(人口、地区生产总值、农产品产量、气温、降水等)数据产品。

4.2 气候变化科技研发

气象部门继续开展区域气候模式研发,完成东亚区域25 km高分辨率气候变化预估试验,为下一步进行未来10~50年区域尺度的极端事件的变化、气候变化的影响及可能的相关风险分析提供了基础数据。研发了新版本气候系统模式,完成参与CMIP6试验的气候系统模式BCC-CSM2-MR定版工作。利用新版本模式BCC-CSM2-MR正式开展CMIP6核心试验,正在进行的工业革命前控制试验完成了100年的连续积分。气候变化检测归因研究走向国际前沿。积极开展气候变化检测归因领域的国际合作,完成对中国气温变化的归因分析、中国极端气温变化强度的归因分析^[35]。量化了不同强迫因子对中国气温变化的影响,指出温室气体和城市化效应是中国气温变化的主要影响因子;完成对中国极端气温变化强度的归因分析,指出在中国极端温度强度的变化中人类活动的信号可以被清楚地检测到。尝试开展了全球和亚洲地区的检测归因分析。利用极端温度持续性指数初步进行了全球范围的检测分析。开展了气候承载力评估分析研究。完成中国范围气候生产潜力分析,并结合我国人口的空间分布,评估了气候资源对社会经济系统的基本承载情况。利用区域气候模式的模拟结果,分析了中高排放情景下未来100年气候变化对我国陆地生态系统结构和功能的影响,从生态系统格局和功能的可能变化2个方面对生态环境承载力进行评估分析,推动了气候承载力评估工作向前发展。

4.3 气候变化风险与适应技术研发

近年来,学界研究了灾害性天气气候的时空变化,建立了农业气象灾害的辨识流程。开展《中国灾害性天气气候图集》的编制工作;利用观测资料和模式预估资料,分析了东北地区80%保证率下农业气候资源的时间变化和空间分布特征。分析了不同灾种的业务分析流程在我国不同区域的适用性,研发了灾损风险指数和灾损综合风险指数,分析了我国主要农业气象灾害的时空变化态势。建立了生态系统的适应性与脆弱性定量评估方法,发展了生态系统的适应性与脆弱性评价指标体系;评估中国自然与农业生态系统的适应性与脆弱性时空演变特征和趋势。建立了城市内涝预警模型的基本思路并进行模拟

试验,研制了区域性干旱过程划分标准和强度评估指标,构建了区域性暴雨过程综合强度评估模型。尝试建立了基于致险因子的广州登革热发病人数风险预警模型。继续推进城市暴雨分析评估工作。与住建部门联合,继续开展城市暴雨评估,新增146个城市的暴雨公式修订和暴雨雨型编制。开展了极端事件对城市影响评估。印发《城市气象防灾减灾体系和公共气象服务体系建设纲要》,开展了城市内涝风险普查,共普查城市内涝隐患点3 290个;建立城市气象灾害风险数据库,完善城市内涝影响预报模型,制作并发布城市内涝气象灾害风险预警服务产品784期。针对城市气候服务敏感区域和领域,结合不同城市特征,围绕城市建设规划、海绵城市、园林城市、城市热岛效应、风电场、垃圾焚烧发电项目选址、新机场选址、港口建设及营运等方面开展气候可行性论证^[36]。同时,上海等12个城市利用细网格气候信息中气温进行城市热岛效应分析;22个城市利用降水资料编制暴雨强度公式;11个城市利用风资料建立城市通风廊道及风玫瑰图等。

4.4 气候可行性论证 继续推进重点规划、重大工程气候可行性论证,完成526项气候可行性论证项目。参与全国城镇体系规划编制,参与32个城镇规划编制和城市通风廊道设计。组织编制《气候可行性论证规范》(初稿),完成《电力线路覆冰舞动技术指南》,进一步完善了气候可行性论证技术规范^[37]。其一,推进气候可行性论证监管体系建设。制定了《气候可行性论证强制性安全评估监管体系建设专项工作方案》,开展《气候可行性论证管理办法》修订工作,组织开展了涉及安全的气候可行性论证强制性评估目录、气候可行性论证机构信用评价办法等规范性文件的制定工作。其二,继续推进城市暴雨分析评估。与住建部门联合,继续开展城市暴雨评估,新增146个城市的暴雨公式修订和暴雨雨型编制。开展了极端事件对城市影响评估。印发《城市气象防灾减灾体系和公共气象服务体系建设纲要》,开展了城市内涝风险普查,共普查城市内涝隐患点3 290个;建立城市气象灾害风险数据库,完善城市内涝影响预报模型,制作并发布城市内涝气象灾害风险预警服务产品784期。针对城市气候服务敏感区域和领域,结合不同城市特征,围绕城市建设规划、海绵城市、园林城市、城市热岛效应、风电场、垃圾焚烧发电项目选址、新机场选址、港口建设及营运等方面开展气候可行性论证。同时,上海等12个城市利用细网格气候信息中的气温进行城市热岛效应分析;22个城市利用降水资料编制暴雨强度公式;11个城市利用风资料建立城市通风廊道及风玫瑰图等。

4.5 省际气候变化适应 上海、西藏等11个省区市气象局积极参与地方应对气候变化“十三五”规划编制。28个省区市气象局组建了省级气候变化工作团队,加强本省气候变化规律研究,开展气候变化影响评估工作,为地方经济发展和应对气候变化决策提供科技支撑^[38]。其中,北京、上海、湖北开展了城市通风廊道规划、大城市暴雨内涝风险评估研究,辽宁、吉林开展了气候变化对东北玉米种植、黑土地的影响

评估、长白山森林火灾影响分析,广东开展了气候变化对人群健康影响评估和适应政策研究。河南、湖南、陕西、宁夏分别开展了气候变化对烤烟种植、油茶产量、贺兰山酿酒葡萄以及马铃薯抗旱生产等的影响评估研究。各省区市气象局为地方经济发展提供53份决策服务材料,其中,安徽、河南、甘肃的服务材料受到地方领导高度重视。四川等8个区域中心完成了气候变化监测公报。优化了农业生产结构和区域布局气象服务。开展“镰刀弯”地区玉米种植的气候适宜性分析,针对玉米种植结构提出了调整建议并上报国务院领导及农业等相关部门。各地完成县级精细化农业气候区划3 686项,主要农业气象灾害风险区划4 875项,为农业转方式、调结构及农业气象灾害风险管理提供了支撑。

5 应对气候变化的讨论和展望

2017年1月11日,世界经济论坛发布题为《2017年全球风险报告》的报告显示,气候变化是2017年排名第2的重大趋势,极端气候事件被认为是所有环境风险中最突出的全球风险。在报告中,约750名专家对30项全球性风险进行评估,并分析了可能会加剧风险或改变风险之间相互联系的重大趋势。报告显示,决定全球发展的前五大趋势为收入和财富日益悬殊、气候变化、社会两极分化加剧、网络依赖性增加和人口老龄化。在气候变化等环境风险领域,目前主要包含以下6方面的进展和问题:

(1)环境是全球风险格局中的核心风险。2017年气候变化是排名第2的重大趋势。五大环境风险(极端天气事件、气候变化减缓与适应的失败、大型生物多样性损失和生态系统崩溃、大型自然灾害以及人为环境损害和灾难)首次在调查中被同时列为发生概率高、影响力大的风险,其中极端气候事件被认为是所有环境风险中最突出的全球风险。

(2)风险之间的联系依然存在。气候变化减缓与适应失败和水资源危机之间的联系位列第3。环境相关的风险还与其他风险频繁联系,这表明全球共同因素(海洋、大气和气候系统)的“无效”管理具有当地和全球性后果。如,天气模式的变化或水资源危机可能引发或者加速地缘政治和社会风险,包括国内或地区冲突、非自愿移民,尤其在地缘政治脆弱的地区。

(3)应对气候变化和环境风险取得进展。2016年世界各国在应对气候变化和其他环境风险领域取得了更多进步,这反映了全球社会向低碳经济转型和构建气候变化恢复力的坚定决心。如2016年11月,《巴黎协定》正式生效,在110多个国家获得批准;2016年10月近200个国家签署“基加利修正案”协议,以减少温室气体氢氟碳化合物的排放。

(4)低碳经济转型步入正轨,但步伐不够迅速。彭博新能源财经报告指出,全球可再生能源投资能力达2 660亿美元,超过煤和天然气新分配能力的2倍。国际能源署报告称,可再生能源发电能力首次超过煤炭,过去2年温室气体排放与经济增长解耦。尽管由于绿色技术的投资和创新,工业和能源行业的比例已经达到峰值,但全球温室气体排放仍以每年520亿t CO₂的速度增长。联合国环境规划署(UN-

EP) 排放差距报告显示,即使各国实现其在巴黎气候大会上承诺的国家自主贡献,到 21 世纪末,全球温度仍将上升 3.0~3.2 °C。为了保持全球温升幅度在 2 °C 以内,全球需要到 2050 年减少 40%~70% 的温室气体排放量,到 2100 年实现完全“零排放”。

(5) 越来越多的国家因为环境问题被法律诉讼而强制采取行动。英国因为处理“国家空气污染危机”不力而受到起诉;美国政府被指责未保护青少年免受气候变化影响的权益;荷兰被法院下令削减排放;挪威由于其北极开采计划受到起诉。

(6) 对气候变化等环境风险的响应不应仅由国际机构和政府承担。需要采取一种更宽泛的“系统视角”看待挑战之间的联系,考虑更多元的影响因素。如金融行业,金融稳定委员会气候相关的财务披露小组应制定相关建议,管理气候变化的自然风险、责任风险和转型风险。

参考文献

- [1] IPCC SREX. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation [R]. London: Cambridge University Press, 2012.
- [2] IPCC AR5. Intergovernmental panel on climate change climate change 2013 fifth assessment report (AR5) [R]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2013.
- [3] QIN D H, DING Y J, MU M. Climate and environmental change in China: 1951–2012 [M]. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2016.
- [4] 秦大河. 应对气候变化 加强冰冻圈灾害综合风险管理 [J]. 中国减灾, 2017(1): 12–13.
- [5] 魏书精, 孙龙, 魏书威, 等. 气候变化对森林灾害的影响及防控策略 [J]. 灾害学, 2013, 28(1): 36–40.
- [6] 史培军, 孔锋, 叶谦, 等. 灾害风险科学发展与科技减灾 [J]. 地球科学进展, 2014, 29(11): 1205–1211.
- [7] 孔锋, 史培军, 方建, 等. 全球变化背景下极端降水时空格局变化及其影响因素研究进展和展望 [J]. 灾害学, 2017, 32(2): 165–174.
- [8] 孔锋, 方建, 吕丽莉, 等. 1961—2015 年中国不同强度降雨的变化趋势和波动特征 [J]. 热带地理, 2017, 37(4): 473–483.
- [9] 史培军, 孔锋, 方佳毅. 中国年代际暴雨时空变化格局 [J]. 地理科学, 2014, 34(11): 1281–1290.
- [10] 孔锋, 吕丽莉, 方建, 等. 基于中国气候变化区划的 1951–2010 年暴雨统计分析 [J]. 水土保持研究, 2017, 24(5): 189–196.
- [11] 孙龙, 王千雪, 魏书精, 等. 气候变化背景下我国森林火灾灾害的响应特征及展望 [J]. 灾害学, 2014, 29(1): 12–17.
- [12] 孔锋, 王铸, 刘凡, 等. 全球、大洲、区域尺度暴雨时空格局变化 (1981–2010 年) [J]. 北京师范大学学报 (自然科学版), 2016, 52(2): 228–234.

- [13] 潘家华. 应对气候变化的后巴黎进程: 仍需转型性突破 [J]. 环境保护, 2015, 43(24): 27–32.
- [14] 高云. 巴黎气候变化大会后中国的气候变化应对形势 [J]. 气候变化研究进展, 2017, 13(1): 89–94.
- [15] 巢清尘, 张永香, 高翔, 等. 巴黎协定: 全球气候治理的新起点 [J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(1): 61–67.
- [16] 何建坤. 《巴黎协定》新机制及其影响 [J]. 世界环境, 2016(1): 16–18.
- [17] 高翔. 《巴黎协定》与国际减缓气候变化合作模式的变迁 [J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(2): 83–91.
- [18] 鲁亚霜, 王颖, 张岳武. 聚焦马拉喀什: 中国将全面启动全国碳市场 [J]. 社会科学 (全文版), 2016(10): 184–185.
- [19] 王彬彬, 张海滨. 全球气候治理“双过渡”新阶段及中国的战略选择 [J]. 中国地质大学学报 (社会科学版), 2017(3): 1–11.
- [20] 刘哲. 在可持续发展的道路上再聚共识: 马拉喀什气候大会总结报告 [J]. 世界环境, 2017(1): 42–45.
- [21] 高昕. 中美气候变化合作及其影响研究 [D]. 长春: 山东大学, 2017.
- [22] 刘泽敏. 全球治理视角下的中美气候变化合作分析 [D]. 济南: 吉林大学, 2017.
- [23] 张秀琴, 王亚华. 中国水资源管理适应气候变化的研究综述 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(12): 2061–2068.
- [24] 陶涛, 信昆仑, 刘遂庆. 全球气候变化对水资源管理影响的研究综述 [J]. 水资源与水工程学报, 2007, 18(6): 7–12.
- [25] 张露, 张俊飏, 童庆蒙. 农业对气候变化响应研究的进展与前瞻: 以水稻为例 [J]. 中国农业大学学报, 2016, 21(8): 150–158.
- [26] 孔锋, 吕丽莉, 方建. 农业巨灾风险评估理论和研究方法研究综述和展望 [J]. 保险研究, 2016(9): 103–116.
- [27] 焦念志, 李超, 王晓雪. 海洋碳汇对气候变化的响应与反馈 [J]. 地球科学进展, 2016, 31(7): 668–681.
- [28] 杜小平. 海岸洪水风险气候变化响应: 基于遥感与动力学模型的方法 [D]. 北京: 中国科学院大学, 2015.
- [29] 骆永明. 中国海岸带可持续发展中的生态环境问题与海岸科学发展 [J]. 中国科学院院刊, 2016, 31(10): 1133–1142.
- [30] 孔锋, 王一飞, 辛源, 等. 防灾减灾新形势下中国高风险地区综合气候变化风险防范策略分析 [J]. 安徽农业科学, 2017, 45(21): 165–168.
- [31] 史军, 穆海振. 大城市应对气候变化的可持续发展研究: 以上海为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(1): 1–8.
- [32] 黄宰胜. 基于供需意愿的林业碳汇价值评价及其影响因素研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2017.
- [33] 边悦. 我国低碳试点城市发展评价与路径研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2016.
- [34] 王昕, 王国复, 黄小猛. 科学大数据在全球气候变化研究中的应用 [J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(4): 313–321.
- [35] 张忠华. 应对气候变化科技资源监测与评价研究 [D]. 北京: 北京理工大学, 2015.
- [36] 李阔, 何霄嘉, 许吟隆, 等. 中国适应气候变化技术分类研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(2): 18–26.
- [37] 史军, 温康民, 穆海振, 等. 重大工程气候可行性论证进展 [J]. 气象科技进展, 2016, 6(6): 15–21.
- [38] 付琳, 杨秀, 冯雅雅. 城市生命线系统适应气候变化危机及其对策 [J]. 环境经济研究, 2017, 2(1): 113–122.

(上接第 4 页)

- [18] NIU L J, LIAO W B. Hydrogen peroxide signaling in plant development and abiotic responses: Crosstalk with nitric oxide and calcium [J]. Front Plant Sci, 2016, 7: 230.
- [19] NATH M, BHATT D, PRASAD R, et al. Reactive oxygen species (ROS) metabolism and signaling in plant-mycorrhizal association under biotic and abiotic stress conditions [M] // VARMA A, PRASAD R, TUTEJA N. Mycorrhiza-Eco-Physiology, Secondary Metabolites, Nanomaterial. Cham, Switzerland: Springer, 2017: 223–232.

- [20] 谢彦杰. 血红素加氧酶/一氧化碳信号系统介导拟南芥和小麦对盐、渗透和 UV-C 胁迫适应性的分子机理 [D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [21] OZDEN M, DEMIREL U, KAHRAMAN A. Effects of proline on antioxidant system in leaves of grapevine (*Vitis vinifera* L.) exposed to oxidative stress by H₂O₂ [J]. Scientia horticulturae, 2009, 119(2): 163–168.
- [22] 王瑞刚. 盐诱导氧化胁迫与杨树耐盐性研究 [D]. 北京: 北京林业大学, 2007.
- [23] 李丽思. 盐诱导胡杨细胞抗氧化防御的信号调控机制 [D]. 北京: 北京林业大学, 2010.