



应对气候变化的碳收支认证及相关问题*

吕达仁¹ 丁仲礼²

(1 中国科学院大气物理研究所 北京 100029 2 中国科学院 北京 100864)

摘要 该专项针对我国应对气候变化与碳减排的国际谈判以及国家可持续发展最佳途径选择等重大科技需求,有效组织中科院和相关高校及部委相关单位多学科交叉的优势力量,深入研究我国的陆地碳收支定量认证、碳增汇潜力与速率、增汇技术与措施以及未来全球增暖情景与大气温室气体浓度关系的不确定性等重大科学技术问题。由此形成支撑我国应对气候变化的温室气体减排增汇、国家可持续发展战略决策的数据资源体系、科学知识体系和技术支持体系;全面提升我国在温室气体排放认证方法论与技术体系、陆地碳收支定量评估与认证、生态系统与气候变化科学研究、生态系统增汇技术与措施、区域碳收支调控管理政策等研究领域的整体科学研究水平,实现国家应对气候变化科技支撑能力的跨越式发展,提高我国的国际影响力和外交谈判的话语权;形成一支具有扎实研究基础,并适应重大多学科交叉的科技队伍,实现我国科学家进入世界前沿科技舞台的战略目标。

该专项将着力回答如下核心科学问题:

(1)我国的温室气体排放量是多少?(2)我国陆地生态系统有多大的固碳潜力和速率?(3)在温室气体减排的“三可”(可测量、可报告、可核查)问题上我们如何应对?(4)如何认识气候变暖对大气CO₂浓度的敏感性?(5)如何认识气候变暖对生态和环境变化的影响?(6)应对气候变化的绿色发展战略和政策是什么?

通过专项实施将实现:自主建立我国能源、水泥等行业的碳排放计量体系,定量评估土地利用变化引起的温室气体排放;建立以卫星遥感、空中监测与地面网络监测和大气模式系统相结合的我国自主大气碳浓度和碳源汇监测系统,以及陆地碳收支的地面观测研究网络;综合研究和定量评估我国各类生态系统的碳增汇潜力与速率,评估我国重大生态工程的增汇贡献,研究人工干预下生态系统增汇的原理和技术系统,建立我国典型区域碳增汇的科技试验和示范体系;发展更为完整的新一代气候系统模式,定量预估未来气候增暖幅度相对应的大气温室气体浓度,理解人为排放气溶胶与气候变化的关系,进一步减少其相互关系认知的不确定性;分析过去百、千、万年时间尺度的气候变化事实,研究过去万年气候变化的自然规律和人类适应过程,增强对气候变化自然过程及其

* 收稿日期:2012年5月17日



归因的认识;分析国际碳贸易市场机制及其对我国的可能影响,提出建立我国碳交易市场体系,林业、农业、牧业的减排增汇技术和经济政策,国内地区和行业间的生态补偿政策与碳管理体制等相关问题的政策建议与技术支撑体系。

关键词 气候变化,碳收支,生态系统,气溶胶,土地利用,IPCC 应用

DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2012.03.020



吕达仁院士

1 引言:国家战略需求分析和专项的建立

应对以全球变暖为核心内容的气候变化,采取以减少 CO₂ 等温室气体排放从而抑制大气中 CO₂ 等温室气体浓度持续增加

为主要目标的全球性行动与各国减排责任的国际谈判已经成为我国作为发展中大国面临的重大问题与难题。我国作为全球温室气体的最大排放国,面临着巨大的国际减排压力。而我国正处于完成工业化和城镇化的关键阶段,需要不断提高我国人民生活水平,这一本质需求决定我国在今后相当长时间内能源消耗规模仍会有相当大的增长,而我国能源的主体——煤的利用也不可能在短时间内有大比例下降。因此我国要积极、主动、科学地承担相应的减排责任,同时也必须走可持续发展之路。为此必须在科学、技术与相应的对策方面进行深入的综合研究,需要在以下几方面获得重大进展与突破。

1.1 发展科学方法,准确定量评估我国温室气体排放的现状

中国人为活动排放的温室气体实际数量究竟有多少,与当前国际谈判中认定的我国排放量是否一致,差距有多大,原因是什么,用什么定量认证方

法能科学有效而又先进地实现对我国碳排放(以下用此代表温室气体总称)的监测与评估,这样的方法在原理、技术与数据基础上应能与当前国际公认的方法衔接,这是一个必须解决的紧迫问题。

与此相关的实际情况是,我国一次能源的利用效率由于生产技术总体还不够先进,平均而言离先进设备的效率有相当距离,对计量能源消耗与碳排放之间关系的研究很不完整,缺乏发达国家多年来基于其本国已开展的统一而科学的调研与实验。缺少我国自己的系统方法与结果,在国际谈判计量时往往不得不采用发达国家制定的方法与数据,其结果是我国的实际碳排放值与国际对我国的认定值有相当距离,即高估了我国的排放值。建立符合我国能源类型和利用效率的碳排放计量体系和相应的代表性数据库对我国参与国际谈判承担减排责任至关重要。同时该项工作也对提高我国能源利用效率具有重大科学指导意义。

1.2 定量理解与增强我国生态系统的碳汇能力

应对气候变化,减少大气温室气体浓度的另一个重要途径是增加地球表层生态系统对大气温室气体的吸收作用,即生态系统的碳汇功能。我国领导人承诺以增加森林面积来实现对大气碳的更多吸收。过去 20 多年来我国实施了一系列生态保护工程。这些工程在改善和保护生态的同时将继续发挥生态系统的碳汇功能。定量评估这些生态工程的固碳潜力与速率是定量表达我国对减排做出贡献的一个重要方面。为此,必须明确我国主要生态系统(森林、农业、草地等)究竟有多大的吸收碳潜力,

这些生态系统在过去、现在与未来吸收碳的速率究竟如何,在人工科技干预下生态系统碳汇潜力与速率究竟会有怎样的变化。同时还必须明确能否以及如何实现经济发展、生态改善与增加碳汇 3 个目标的协调统一。这既是我国应对国际谈判与承担义务的科技基础,又是维持经济社会可持续发展必须解决的重大科技问题,是一项既紧迫又长远的科技任务。我国在这方面已有许多工作,但缺乏全国尺度的精细调查和分析,缺乏基于统一技术体系的系统研究。

1.3 建立大气温室气体浓度分布与源汇分布的动态监测能力,应对国际核查的发展努力

有关气候变化与碳减排的国际谈判的一个重要基础要求是定量减排的“三可”(即可测量、可报告与可核查)。这方面除了国家统计数据报告与常规调查外,国际上正着力发展的系统方法是建立以卫星遥感监测、地面站网监测、陆海表面与空中平台流动监测相结合的集成监测系统^[1],并借助于由大气化学输送模式与地面生态过程模式所构成的同化系统,形成大气碳浓度与碳源汇的动态监测与识别系统,以实现全球与区域温室气体浓度与源汇分布监测^[2]。虽然该系统目前尚不成熟,但已成为发达国家针对国际谈判目标的重要科技手段。我国在这一方面仍处于缺乏准备与人才的状况,必须抓紧建立相应的科技系统,掌握我国与全球实时动态,使我国在未来国际谈判中处于平等和主动的地位。

1.4 发展先进的气候系统模式,提升我国在应对气候变化的科学话语权

当前关于减排的国际谈判的逻辑依据是:全球增温幅度应控制在 2°C 以内,2°C 增温对应着大气温室气体浓度值应不高于 450ppm CO₂ 当量。基于 2°C 阈值推测其对全球环境、生态、海平面等综合负面影响的评估,客观上已成为各国的政治共识,难以在短期内改变。而 2°C 增温与 450ppm CO₂ 当量的对应关系则是基于现有参与 2007 年 IPCC 评估报告的多个气候模式预估的一个平均结果,具有相当大的不确定性。IPCC 报告指出:当前的全球变暖,可主要归因于人类活动碳排放增加的结果。与

此同时,IPCC 报告也指出,当前的气候系统模式,特别是云-辐射相互作用过程的处理方面尚不完善。云-辐射强迫过程表述的不确定性,使得不同的气候系统模式对相同程度的温室气体增加的增暖响应幅度相差很大,亦即模式对温室气体的敏感度不同。气溶胶亦是影响模式不确定性的因子之一,特别是在考虑其间接辐射效应的时候;此外动态植被过程及其与气候的相互作用也是影响模式不确定性的重要因子。中国的气溶胶性质和云-气候效应的关系,需要我们自己通过气溶胶浓度和光学特性的测量来获得更为准确的对其气候效应的认识。关于未来气候变化的情景预估,也应该基于我们自主建立的气候系统模式。这方面研究的紧迫性在于,如果 2°C 升温并不与 450ppmCO₂ 当量对应,则相应的减排总量以及减排时间表均会有所变动,从而使我国在谈判中处于更主动的地位。在气候预估与归因的研究中,由于模式先进性和资料完备性方面的欠缺,我国与发达国家相比尚存在差距,国际话语权不够。从国家需求出发,这方面的研究水平与预估结果集成上急需有重大提高。

1.5 提供减排国际谈判、国际碳贸易、经济社会发展中的政策与决策建议

在应对气候变化的减排责任问题上,在定量了解我国碳排放、碳增汇潜力与速率、人工增汇潜力与措施的基础上,如何针对国际谈判与我国发展战略与整体格局,研究碳排放、能源消耗与经济发展的关系,如何建立全球和我国的碳贸易体系,参与国际规则的制订,提出碳汇林业、农业、牧业、近海生态管理的技术、政策,也是一个迫切需要解决的重大发展问题。

在主动理解国家在温室气体减排国际谈判中的责任与我国可持续发展道路最优平衡选择的基础上,中科院作为科技国家队和国家科学思想库主动提出组织多学科大跨度交叉的科技队伍,以中科院多个研究所的科技人员和一部分从事经济和政策研究的专家,联合高校和有关部门专家,共同承担科技先导性专项——“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”。从国家综合需求的以上几个方面



设立 5 个任务群,共 15 个项目,通过有组织建制性的全国规模调查、测试、模式建立和试验、数据库建立及深入的理论研究,提出国家层面的分析报告和政策建议,以求圆满回答国家在这方面的紧迫需求。截至目前,直接参加该专项的中科院研究所有 14 个,其中包括国家重点实验室 23 个,院重点实验室 23 个,国家工程技术研究中心 2 个,以及大气、生态野外台站 100 余个,由此构成集监测、研究与示范为一体的科技创新平台与基地,高校有清华、北大等 8 所,有关部门的研究院所 3 个。参与的主要科技骨干有 600 多人,更有众多的学生等参与一线的调查与测试工作。

2 专项的主要科技内容与目标

根据国家需求建立的本专项,共包含相互支持与联系的 5 个任务群。按照该专项中 5 方面的内容,分别采用不同的技术路线开展综合性的集成研究,以满足国家应对气候变化的相关需求,在此过程中提升我国的整体研究水平,增强集成研究的基础条件与实力,形成学科交叉的整体攻坚人才队伍。该研究采用的主要技术路线是:

2.1 排放清单任务群

该任务群包含 4 个项目,分别是:项目 1:能源消费与水泥生产的排放;项目 2:土地利用与畜牧业排放;项目 3:能源生产过程中的自然排放;项目 4:卫星反演温室气体净排放。该任务群是专项满足国家需求的第一要务。其主要内容为针对排放清单任务群的研究需求,组织有关能源、工业、土地利用变化和碳排放系数的综合调查,研制符合我国特色的能源、工业、土地利用变化碳排放计量的权威基础数据库、国际认可的计量方法和技术;我国能源种类多,应用行业多,能源利用效率差别大,因而其温室气体排放的确切数量在未来得到系统研究测量前,在国际谈判中不得不用 IPCC 默认值。为此该项目拟覆盖全国主要能源类型与主要耗能产业,进行高技术支持下的国家规模的调查测试分析,建立数据库,争取可能条件下的最精确估计值。对土地利用变化与畜牧业产生的温室气体排放同样做到先

进测量支持下的全国性主要应用类型的调查评估;充分利用高分辨率、高精度的短波红外卫星遥感技术、结合地基-航空验证技术和资料同化方法,形成独立自主的天-空-地一体化温室气体遥感监测体系,获取温室气体浓度和源汇分布的动态数据。集成多种技术途径获取的排放数据,将直接服务于我国温室气体排放清单的编制和国家报告的撰写。

2.2 生态系统固碳任务群

该任务群包含 3 个项目,分别是:项目 5:我国生态固碳的现状、速率、机制与潜力;项目 6:重大生态工程固碳量评价;项目 7:典型区域生态固碳增汇技术体系与示范。针对生态系统“固碳”任务群的研究需求,在数据获取方面,依据我国森林、灌丛、草地、农田和湿地生态系统的地理分布特征,采用点-线结合、点-面结合、面-面对应以及地面观测-遥感反演相结合的技术途径,测定各类生态系统的碳储量、固碳潜力和速率^[2-13]。同时,充分挖掘各类数据资源,系统整编和同化本研究项目的调查数据、野外台站长期定位观测数据、卫星遥感数据、土地利用变化数据和气候要素数据以及生态要素数据。在模型系统研发方面,自主研制我国的森林、灌丛、草地、农田和湿地生态系统的碳循环模拟模型系统^[4],引进和改良国际知名区域碳收支模拟模型,采用多模型对比和集成分析以及模型-数据融合等技术途径,定量评估国家尺度碳收支的时空格局变化。应用综合考察、行业清查和统计、卫星遥感等技术手段,综合评价我国天然林资源保护、退耕还林还草、“三北”防护林建设、京津风沙源治理、长江及珠江流域防护林建设、退牧还草工程等 6 大生态工程的实际固碳效果,提出提升生态建设工程固碳效应的技术对策与途径。项目 7 还将选择全国 4 个典型生态区(北方沙化草地、高寒退化草地、南方低效人工林、西南石漠化地区)开展新的改善生态、增加碳汇与发展经济共进的新型增汇技术试验与示范。

2.3 气候敏感性任务群

该任务群包含 4 个项目,分别是:项目 8:过去 2 000 年气候变化记录、幅度、速率、突变与归因;项目 9:过去百年气候增暖与成因;项目 10:我国气溶

胶历史变化与气候效应;项目 11:气候模式模拟与预估中的不确定性问题。针对气候敏感性任务群的研究需求,采用多种方法与技术手段获取本专项所需要的两个关键时间窗(过去 2 000 年和百年)温度变化及相关基础资料,并尽可能利用不同技术与方法实现对资料的相互验证,保证该专项所获得资料的完整性与权威性。气溶胶作用是气候变化预估中关键的不确定因素之一。我国的气溶胶排放量大,化学成分、颗粒大小、混合状态等性质复杂^[3,12],时空变化大,极度缺乏全国性系统的综合测量及其与云和辐射相互作用的试验研究。在该专项中将专门建立适用于气候模拟的我国气溶胶观测网络。为实现上述目标,将采用与研发一系列国际先进的技术方法、观测仪器与分析方法,从而做到在完成专项国家目标的同时较大幅度地提高研究能力,明显地增强研究基础条件。发展新一代中科院气候系统模式中的云-气溶胶-辐射的集合参数化方案,建成新一代陆面-水文耦合模式,改进和完善植被生态与气候相互作用参数化方案等,最终通过耦合集成建立一个在关键物理过程参数化方案及整体性能方面具有先进性的完整气候系统模式;针对气候预估中的几类重大过程,开展参数化建模与系统验证结合。充分研究过去时期的实际气候变化,结合统计和模拟进行归因分析,用更丰富的资料 and 更严格的分析方法建立起来的气候变化资料集验证和改进本专项所发展的中科院气候系统模式。在新模式与更完整气候相关资料基础上,对 2℃ 增温所对应温度气体浓度值的关系给出不确定性更小的结果。

2.4 影响与适应任务群

该任务群包含 2 个项目,分别是:项目 12:大暖期中国环境格局;项目 13:气候变化背景下人类适应方式。针对影响和适应任务群的研究需求,将以 6 000 年前的大暖期^[6]为主、21 000 年前的冰盛期^[7]为辅,增加研究地区代表性与采用先进的采样与分析手段,尽可能恢复大暖期和冰盛期间全国气候、生态、生物多样性、沙漠、海平面等环境格局,分析上述变化与全球的联系,起到温故而知新的启发作用。通过地质-生物证据与数值模拟结合,从过去

气候变化的角度评估全球增温 1℃—2℃ 对我国环境格局的影响和陆地生态系统的碳汇潜力^[10],揭示全球温度变化^[9]对亚洲季风环境和生物多样性的影响与机制。同时,将重点研究末次冰期以来我国现代人类在经历渔猎-采集、农业、工业经济转变和发展过程中是如何适应气候变化和促进人类文化-文明发展的^[11]。在上述基础上,评估未来 50 年内典型地区重要产业经济、系统适应气候变化的策略和措施,提供我国典型区域未来适应方式及相关建议,为政府决策提供咨询报告,试验推广好的适应模式。

2.5 绿色发展任务群

该任务群包含 2 个项目,分别是:项目 14:区域碳排放与产品碳足迹;项目 15:应对气候变化的碳收支相关政策研究。针对绿色发展任务群的研究需求,开展自然科学与社会科学交叉研究,国际动态与国内现状的综合分析,短期应对任务与长期可持续发展的战略的统筹兼顾,能源、工业、土地利用活动的减排技术与生态系统增汇技术综合运用思路,探讨国家应对气候变化的碳管理与可持续发展权平衡的国家战略、制度设计和调控政策。

3 进展与展望

该专项自 2011 年正式启动以来,在中科院领导、专项办与专项领导小组的指导下,各项工作已全部进入正轨。由于采用了从国家需求出发的建制性管理,并充分理解专项科技内容需要发挥参加者的创新积极性与一定探索性的特点,各项目均根据国家需求与研究工作的特点制定相应的工作计划与流程。根据专项要求,我们将获取具有全国代表性的调查、测量、分析与数据库建立作为优先任务加强安排。通过一年多的初步工作,已经取得了一些令人鼓舞的进展。限于篇幅,只简单介绍与全国代表性有关的基础调研测量的少数几点。

3.1 我国能源种类特点与碳氧化因子

我国能源利用中煤在长时间内仍为主要能源。目前我们已针对我国能源种类(煤、油、气)分别在全国范围内进行了实地取样和测试。对于煤炭而



言,已针对不同煤种和产量获取了 500 多组煤炭样品,初步分析结果表明,我国在各种煤种方面的碳含量低于《IPCC 国家温室气体清单指南》的默认值,总体而言我国的煤炭贫瘠省份其碳含量至少低于 IPCC 默认值 10%以上,但同时也应注意到,我国低阶煤种储量占煤炭总储量的 60%以上,今后低阶煤的消费量将占主导,有利于我国温室气体排放量的降低;对于石油和能源气而言,已分别获取了 40 余组油品数据和 30 余组气数据,结果显示与《IPCC 国家温室气体清单指南》的默认值相差不大。同样,我国能源一次利用方式多种多样,对于煤炭而言,包括火电、钢铁、有色、建材、煤化工、民用煤等,且技术类型复杂,既有先进技术,也含有非常落后的技术类型,这就决定了我国的碳氧化因子多种多样。目前已实地调研和分析了我国部分能源消费一次利用行业的碳氧化因子。结果表明,我国在各个行业碳氧化因子差别巨大,且均低于 IPCC 的默认值 1,即使按照各行业利用煤炭量加权平均也应远低于 1。因此可预计,通过该专项的国家尺度的调查测量与分析,将对我国实际排放量作较大修正。

3.2 我国陆地生态系统的植被与土壤固碳现状与潜力调查研究

已建立了野外调查、样品测试的规范和数据质量控制标准,并布设了全国范围森林、灌丛、草地、农田各类生态系统的调查样地,按布点首次展开针对陆地生态系统固碳功能的全国尺度综合调查,实现了全国范围内的样地设置、样品采集和测试分析标准化。在第一年已完成森林 844 个样点(占 32.5%),灌丛 400 个(33.3%),草地 1 525 个(36.3%),农田调查 3 188 个(76%)。初步的研究认为,近 30 年我国的森林碳密度在不断增加,森林的固碳量每年净增约 0.85%,相当于每年净吸收 43.8Tg 碳。对农田的调查发现,1980—2005 年我国主要作物根系生物量明显增加,假设根系土壤有机碳贡献时效为 50 年左右,可以推测至少在未来的 20—30 年内我国的作物根系还会继续发挥增加农田碳汇功能的作用。

3.3 在气候变化敏感性研究方面

利用当前中科院气候系统模式版本,完成了国际耦合模式比较计划(CMIP5)为 IPCC AR5 设计的过去气候模拟和未来气候预估试验,结果实现全球共享,提升了中国气候系统模式的国际影响力,并初步研究了模式对温度气体敏感度不同所造成的未来预估结果的不确定性;在模式研发方面,提出了植被群体动力学的萌衍方案,发展了动力学植被模型中的火干扰参数化模块等;针对我国气溶胶实况及其作用探测分析的薄弱环节与重要性,有针对性地建立了覆盖全国的 36 个中国气溶胶组分和浓度时空分布地面观测网,依托中科院野外台站网络,实现适合于气候模拟的地点分布。同时建立了覆盖全国由 26 个站构成的气溶胶-云-辐射观测网络。利用卫星、飞机与地基观测结合的中国区域云参数亦已初步构建。从初步分析还认识到,硝酸盐是值得重视的气溶胶成分,而以往被气候模式忽略^[5]。为改善我国早期器测温度资料的应用价值,已初步整编和研发了我国第一套经过严格质量控制和时序均一化处理的百年气温观测序列集。

该专项的酝酿与构思始于 2009 年,正是哥本哈根气候变化国际谈判的前夕。该会议的召开与正负面效应对专项建立的必要性起到了重要的支持作用。我国在应对气候变化的谈判中必须掌握足够的的话语权,为此必须有强大的科技支持。专项研究涉及的相关内容正是应对气候变化国际谈判与国内行动的重要基础。2011 年作为该专项执行第一年正逢南非德班世界气候大会的召开。该会议不仅为发达国家在第二承诺期减排提出新的要求,同时也提出德班增强行动平台,即所有国家加强履行公约下现有义务的谈判。对中国这样一个发展中大国,承担减排义务越来越提到日程上。减排作为一种国际义务,对我国建立资源节约型、环境友好型社会,实现可持续发展有促进作用,也是对全人类有利的行动。但减排义务的承担又必须与我国发展阶段相配合,不能超出国力所能承担的程度。2015 年是一个新的国际谈判时间结点。该专项在 5 年研究期间

的成果将积极为此提供基础。而该专项所建立的技术队伍与科技平台,以及科技成果与政策建议将在未来更长的时间内发挥更大作用。

致谢 该专项的建立执行是多个部委和省市共同支持的结果。特别致谢国家发展和改革委员会气候变化司在该专项调查有关能源等企业单位时给予的支持!

主要参考文献

- 1 Dave Crisp, Miller D C E, DeCola P L. NASA Orbiting Carbon Observatory: measuring the column averaged carbon dioxide mole fraction from space. *J. Appl. Remote Sens.*, 2008, 2: 023 508; DOI:10.1117/1.2898457.
- 2 Fang J, Chen A, Peng C et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998. *Science*, 2001, 292: 2 320.
- 3 Yang F, Tan J, Zhao Q et al. Characteristics of PM_{2.5} speciation in representative megacities and across China. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2011, 11(11): 5 207-5 219.
- 4 Huang Y, Yu Y Q, Zhang W et al. Agro-C:A biogeophysical model for simulating the carbon budget of agroecosystems. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2009, 149(1): 106-129.
- 5 Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*, edited by S. Solomon et al. Cambridge, U. K: Cambridge Univ. Press, 2007.
- 6 Renssen H, Seppa H, Heiri O et al. The spatial and temporal complexity of the Holocene thermal maximum. *Nature Geosci*, 2009, 2(6): 411-414.
- 7 Schmittner A, Urban N M, Shakun J D et al. Climate sensitivity estimated from temperature reconstructions of the Last Glacial Maximum. *Science*, 2011, 334(6 061): 1 385-1 388.
- 8 Takagi Hiroshi, Saeki Tazu, Oda Tomohiro et al. On the Benefit of GOSAT Observations to the Estimation of Regional CO₂ Fluxes, SOLA, 2011, 7: 161-164; DOI: 10.2151/sola.2011-041.
- 9 Vinther B M, Buchardt S L, Clausen H B et al. Holocene thinning of the Greenland ice sheet. *Nature*, 2009, 461 (7 262): 385-388.
- 10 Wu H B, Guo Z T, Peng C H. Land use induced changes of organic carbon storage in soils of China. *Global Change Biology*, 2003, 9(3): 305-315.
- 11 Xiaoyan Yang, Zhiwei Wan, Linda Perry et al. Early millet use in northern China. 2012, *PNAS*, 109 (10): 3 726-3 730.
- 12 Zhang X Y, Wang Y Q, Niu T et al. Atmospheric aerosol compositions in China: spatial/temporal variability, chemical signature, regional haze distribution and comparisons with global aerosols. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2012, 12(2): 779-799.
- 13 Yu Guirui, Zhang Leiming, Sun Xiaomin et al. Environmental controls over carbon exchange of three forest ecosystems in eastern China. *Global Change Biology*, 2008, 14: 2 555-2 571 ; DOI: 10.1111/j.1365-2486.2008.01663.x

Climate Change: Carbon Budget and Relevant Issues

Lu Daren¹ Ding Zhongli²

(1 Institute of Atmospheric Physics, CAS 100029 Beijing 2 Chinese Academy of Sciences 100864 Beijing)

Abstract The program aims to address the key scientific issues urgently needed in China's participation in the international negotiation on climate change and the reduction of net green house gases (GHGs) emissions, and the selection of the optimal route of the national sustainable development. Under the framework of the program, cross-cutting multi-disciplinary research of Chinese Academy of Sciences, related universities and institutes of ministries will be launched to investigate major questions including accurate estimation of national anthropogenic GHGs emissions, quantitative verification of terrestrial carbon budget, the carbon sequestration rate and potential of increment of carbon sink, techniques and technology of increment in China, and uncertainties



regarding relationship of future global warming scenarios and concentration of GHGs. Based on the research results of the program, the data resources system, scientific knowledge system and technical support system will be built to provide consultation for decision-makers to address climate change, in particular, on the issues of GHGs reduction, increment of carbon sink, and national sustainable development strategy. The program will promote the whole research capability of China on methodology and technology of verification of GHGs emission, quantitative assessment and verification of terrestrial carbon budget, ecosystem and climate change research, techniques and methods of ecosystem carbon sink increment, and policy of regional carbon budget management, etc, and therefore will make breakthrough in China's science and technology capacity of addressing climate change, and raise China's international profile and voice in the diplomacy. The program will also build a team of solid research foundation and will be adapt to major multi-disciplinary cross-cutting research.

The program will strive to answer the following key science questions:

(1)What is total amount of greenhouse gas emission in China?(2)What is the potential carbon sequestration rate and potential increment of carbon sink of regional terrestrial ecosystem?(3)How shall we address MRV (Measurable, Reportable, Verifiable) requirement in greenhouse abatement?(4)How do we understand the sensitivity of global warming to atmospheric CO₂ concentration?(5)How do we understand the effect of global warming on ecosystem and environment change?(6)What is "green" development strategy and policy in response to climate change?

Objectives of the program are: (1)To establish independent carbon emission measurement system in energy, cement and other industries, and quantitatively assess greenhouse gas emission caused by land use; (2)To establish independent atmospheric carbon concentration and carbon sink/source monitoring system which incorporates satellite remote sensing, airborne monitoring, surface network monitoring and atmospheric general circulation modeling, and build land observation network to study terrestrial carbon budget; (3)To synthetically study and quantitatively assess the carbon sequestration rate and potential increment of carbon sink of various ecosystem in China, evaluate the sink contribution of major ecosystem projects in China, study the mechanism and technical system of intervened carbon sink increment, and establish prototype system of carbon sink increment; (4)To develop a more integrated new generation climate system model, quantitatively project greenhouse gas concentration corresponding to future global warming scale, understand the relationship between anthropogenic aerosols and climate change, and reduce uncertainties in the relationship; (5)To analyze the facts of climate change in the past century, millennium, and ten thousand years time scale, to study natural climate variability in the past ten thousand years and adaptability of human being, and to enhance the understanding of natural climate change process and its attribution; (6)To analyze mechanism of international carbon trade market and its possible influence on China, to propose to establish carbon trade market in China, to develop technology and economic policy of carbon abatement and carbon sink increment in forestry, agriculture and animal husbandry, and to provide consultation to policy making of domestic and inter-industry eco-compensation and carbon management system.

Keywords climate change, carbon budget, greenhouse gases (GHGs), ecosystem, aerosols, land use, IPCC

Lu Daren Academician of Chinese Academy of Sciences (CAS), a researcher professor at the Institute of Atmospheric Physics, CAS. He has been involved in basic and high-tech research in various fields of atmospheric science, solar-terrestrial relationship, earth observation and remote sensing, as well as global change research. He has published more than 150 scientific papers so far. In this program, he acts as the chief scientist. E-mail: ludr@mail.iap.ac.cn

吕达仁 中科院院士, 中科院大气物理所研究员。长期从事大气科学、日地关系、对地观测与遥感、全球变化等基础科学与高技术研究。已发表科学论文 150 余篇。在该项目中担任首席科学家。E-mail: ludr@mail.iap.ac.cn