

doi: 10.19388/j.zgdzdc.2021.04.02

引用格式: 王国胜,孙涛,咎国盛,等. 陆地生态系统碳汇在实现“双碳”目标中的作用和建议[J]. 中国地质调查,2021,8(4): 13-19. (Wang G S, Sun T, Zan G S, et al. Roles and suggestions of terrestrial ecosystem carbon sink in achieving carbon emission peak and carbon neutrality in China[J]. Geological Survey of China, 2021, 8(4): 13-19.)

# 陆地生态系统碳汇在实现“双碳”目标中的作用和建议

王国胜, 孙涛, 咎国盛, 王棒, 孔祥吉

(国家林业和草原局调查规划设计院, 北京 100714)

**摘要:** 2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和(简称“双碳”)是我国对国际社会的庄严承诺,已被纳入生态文明建设的总体布局。生态系统碳汇是实现“双碳”目标的重要手段,也是林业和草原实现高质量发展的必然要求。国际有关机构对全球森林、草地和湿地生态系统的碳储量和碳循环进行了评估。自1990年以来,附件一国家(指《联合国气候变化框架公约》附件一列出的经济合作发展组织中所有发达国家和经济转型国家)对本国的碳排放和碳汇进行估算,编制了年度温室气体清单;我国也编制了5次国家温室气体清单。这些工作对我国开展应对气候变化的研究提供了基础。提出了如下建议:在编制“双碳”路线图和时间表时,既要考虑我国生态系统碳汇与能源和工业领域碳排放的区域空间分布和时间维度上的差异性,也要考虑生态系统同时所具有的碳汇和碳排放的特殊性;生态系统碳汇是碳达峰的非选项,是碳中和的必选项;生态系统碳汇要遵循国家实现“双碳”目标的基本原则,要将生态系统碳汇作为国家生态建设和保护工程的主要目标,提高碳汇计量和监测能力,完善市场和融资机制。

**关键词:** 气候变化; 生态系统碳汇; 碳达峰; 碳中和

**中图分类号:** P59; X171.4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 2095-8706(2021)04-0013-07

## 0 引言

陆地生态系统是自然界碳循环的主要部分。碳循环主要通过光合作用、呼吸作用、生物质燃烧和腐烂以及土壤和其他有机物的分解等过程进行,并通过碳汇和碳排放活动完成。按照《联合国气候变化框架公约》及相关议定书的定义<sup>[1]</sup>,碳汇是指从大气中清除CO<sub>2</sub>的过程、活动和机制,碳排放是指向大气中排放CO<sub>2</sub>的过程、活动和机制。森林、草原、湿地是陆地生态系统的主要组成部分。生物量、枯落物和土壤固定了碳而成为碳汇,生态系统中微生物、动物、土壤等的呼吸、分解则释放碳到大气中成为碳源。在中央财经委员会第九次会议提出生态系统碳汇后,国内专家<sup>[2]</sup>对生态系统碳汇进行了定义,即“生态碳汇是对传统碳汇概念的拓展和创新,不仅包含过去人们所理解的碳汇,即通过植树造林、植被恢复等措施吸收大气中CO<sub>2</sub>的过

程,同时还增加了草原、湿地、海洋等生态系统对碳吸收的贡献,以及土壤、冻土对碳储存、碳固定的维持,强调各类生态系统及其相互关联的整体对全球碳循环的平衡和维持作用”。生态系统碳汇是实现“双碳”目标的重要路径,需要理论突破、政策落实和行动方案。长期以来,我国对陆地生态系统碳汇和碳排放进行了监测、估算和研究,形成了一系列重要成果<sup>[3]</sup>,为制定“双碳”目标提供了科学基础。

本文在分析全球和我国生态系统碳汇和碳排放监测和评估的基础上,分析了生态系统碳汇在“双碳”目标实现中的作用,提出了生态系统碳汇在实现“双碳”目标路线图、时间表的几点建议,为林业和草原应对气候变化的政策制定提供参考。

## 1 全球碳排放与碳汇基本概况

### 1.1 全球生态系统碳储量现状

相关国际组织对陆地生态系统碳库和碳汇进

收稿日期: 2021-07-12; 修订日期: 2021-07-23。

基金项目: 生态环境部“应对气候变化国际合作和履约专项,气候变化谈判林业相关议题谈判问题研究(编号: 202037)”项目资助。

第一作者简介: 王国胜(1967—),男,正高级工程师,主要从事林业和草原监测与气候变化研究。Email: w\_guosheng@sina.com。

行了长期的监测和研究。联合国粮农组织 2020 年全球森林资源评估结果<sup>[4]</sup>显示：全球森林面积为 40.6 亿  $\text{hm}^2$ ，约占全球陆地面积的 31%；全球森林碳储量为 6 620 亿 t，其中活立木碳储量 2 950 亿 t，约占总储量的 44.5%；森林土壤碳储量 3 000 亿 t，约占总储量的 45.2%。全球森林的碳储量约占全球植被碳储量的 77%，森林土壤的碳储量约占全球土壤碳储量的 39%；草地的碳储量主要包括植被碳储量和土壤有机碳储量。全球草地植被碳储量为 242.3 亿 t，土壤碳储量约为 5 806.1 亿 t，草地的碳储量 95.9% 储存在土壤中<sup>[5]</sup>。全球湿地面积占陆地面积的 5% ~ 8% 左右，碳储量却达到 5 000 亿 ~ 7 500 亿 t，约占陆地生态系统碳储量的 20% ~ 30%<sup>[6]</sup>。

据《中国森林资源报告》<sup>[7]</sup>，截至 2018 年，我国森林覆盖率 22.96%，森林面积 2.2 亿  $\text{hm}^2$ ，森林蓄积 175.6 亿  $\text{m}^3$ ，森林植被总生物量 188.02 亿 t，碳总储量 91.86 亿 t。据相关研究，我国草地植被碳储量为 31.5 亿 t，土壤碳储量为 563.2 亿 t，约占全球草原碳储量的 9.7%<sup>[5]</sup>。我国湿地土壤碳储量达 168 亿 t，占全球湿地碳储量的 2.2% 左右<sup>[6]</sup>。从碳储量和生物多样性等多种功能来看，森林生态系统在陆地生态系统中具有重要地位<sup>[8-9]</sup>。

### 1.2 全球碳排放和碳吸收现状

气候变化主要是由人为活动产生的温室气体排放引起。据全球碳项目<sup>[10]</sup>，2010—2019 年全球碳收支状况为：人类活动形成的平均碳排放量 ( $\text{CO}_2$  当量) 为 401 亿  $\text{t/a}$ ，其中化石能源燃烧形成的排放量为 344 亿  $\text{t/a}$ ，占全部碳排放量的 86%，农业和土地利用等活动产生的碳排放量为 57 亿  $\text{t/a}$ ，占排放量的 14% (图 1(a))。碳排放全部由各种生

态系统所吸收，其中陆地生态系统吸收 125 亿  $\text{t/a}$ ，占排放量的 31%，海洋系统吸收 92 亿  $\text{t/a}$ ，占排放量的 23%，大气系统吸收 186 亿  $\text{t/a}$ ，占排放量的 46% (图 1(b))。

陆地生态系统既是碳源，也是碳汇，收支相抵后，净吸收 68 亿  $\text{t/a}$ 。海洋系统吸收温室气体会引起海水升温、海平面上升和海水酸化等一系列海洋环境变化，大气系统吸收温室气体引起气温上升并改变了大气环境。

人类活动分为 6 类，包括能源活动、工业生产、农业活动、土地利用、土地利用变化和林业及废弃物处理。温室气体类型包含二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等类型。林业和草原等活动主要与二氧化碳排放与吸收有关，农业活动与甲烷相关。国家温室气体清单反映了年度人类活动产生的温室气体排放和吸收情况。按照气候变化大会相关决定，各国需要按照联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernment Panel on Climate Change, IPCC) 方法学指南编制年度国家温室气体清单报告，附件一国家需要提交年度清单，发展中国家根据资金支持情况，按照自愿原则提交本国温室气体清单。自 1990 年以来，我国依据国际机构资金支持情况，分别于 1994 年、2005 年、2010 年、2012 年和 2014 年提交了 5 次国家温室气体清单报告。

从附件一国家 1990—2018 年温室气体清单<sup>[12]</sup>可以看出，1990 年以来，附件一国家温室气体排放量逐渐波动式下降， $\text{CO}_2$  当量从 1990 年的 192.5 亿 t，下降到 2018 年的 167.9 亿 t，土地利用、土地利用变化和林业 (Land Use, Land Use Change and Forestry, LU-LUCF) 产生的碳吸收量占总排放量的 10.05% (图 2)。

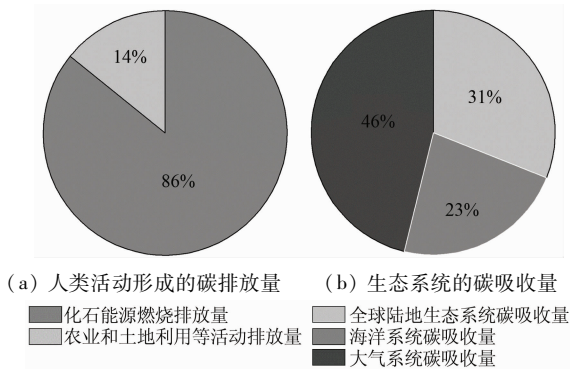


图 1 2010—2019 年全球碳收支状况  
Fig. 1 Global carbon balance of emission and absorption during 2010—2019

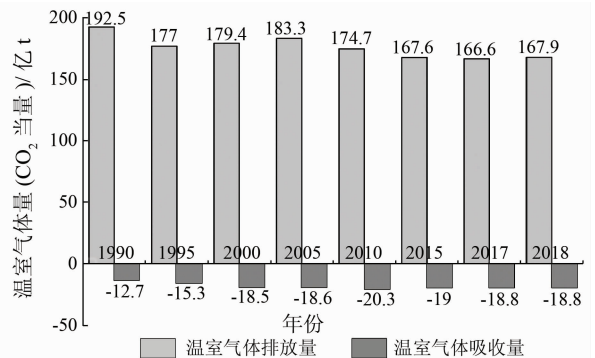


图 2 1990—2018 年附件一国家温室气体变化 (亿 t  $\text{CO}_2$  当量)<sup>[12]</sup>  
Fig. 2 Changes in greenhouse gases in Annex I countries from 1990 to 2018 (Unit: 100 million tons of  $\text{CO}_2$  equ.)<sup>[12]</sup>

从我国提交的温室气体清单报告<sup>[13]</sup>来看,1994—2014年温室气体排放量增长非常快,2014年的排放量是2004年的3.3倍。LULUCF碳汇量增长速度也比较快,从2004年的4.07亿t增加到2014年11.25亿t,增加了1.76倍(图3)。2014年LULUCF的碳汇量占碳排放量的10.94%。从发达国家和我国温室气体排放量和碳汇情况看,碳汇量占同期排放量的比例很小。

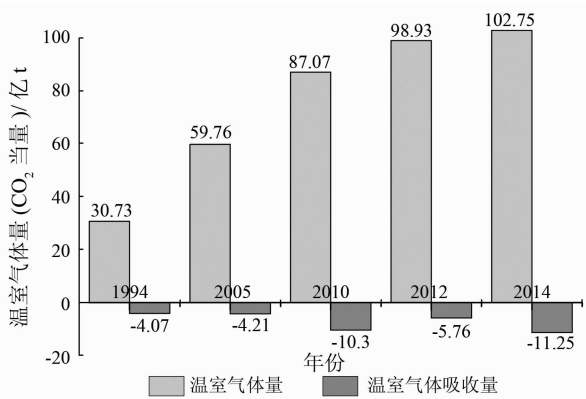


图3 1994—2014年我国温室气体量变化(亿t CO<sub>2</sub> 当量)<sup>[13]</sup>

Fig. 3 Changes in greenhouse gases of China from 1994 to 2014 (Unit: 100 million tons of CO<sub>2</sub> equ.)<sup>[13]</sup>

### 1.3 全球碳排放和碳汇监测与评估的困难与挑战

碳排放和碳汇的监测、估算和报告是应对气候变化的基础性工作,陆地生态系统复杂性和多样性给全球和各国碳排放和碳汇计量、估算工作带来困难和挑战。一些国际组织对森林、草地和湿地进行了长期连续的调查和监测,建立评估模型<sup>[14]</sup>,估算全球和区域层面的自然资源现状与生长潜力,能够对全球森林等资源状况进行定期评估并估算森林生态系统的碳储量及碳汇量。但全球监测和评估能力不平衡,荒漠、冻土等生态系统碳储藏和碳汇的监测和评估数据还不足,无法提供较为准确的数据以满足应对气候变化工作需求。

人类活动引起的生态系统碳汇和碳源监测、估算也面临挑战,特别是一些发展中国家没有编制温室气体清单的能力,我国在温室气体清单编制和生态系统碳汇监测与估算能力方面也需要提高,尤其是土壤、湿地、荒漠和冻土等领域的监测还处于起步阶段,基础数据少,参数和模型需要建立,急需完善生态系统碳汇和碳排放监测体系。

## 2 生态系统碳汇对实现“双碳”目标的作用分析

《巴黎协定》提出了“把全球平均温升控制在显著低于工业化前水平的2℃之内,并努力将温升限制在工业化前水平的1.5℃之内”的长期温度目标。为了实现这一目标,协定要求缔约方致力于尽快达到温室气体排放的全球峰值,在本世纪下半叶实现温室气体源的人为排放与汇的清除之间的平衡<sup>[15]</sup>。IPCC发布的《全球升温1.5℃特别报告》提出,全球要在本世纪内实现升温控制在1.5℃以内的目标,需要进行重大和迅速的变革,必须在2030年前将全球温室气体年排放总量(CO<sub>2</sub>当量)削减一半(250亿~300亿t/a),到2050年,必须实现温室气体净零排放。我国提出碳达峰和碳中和目标是履行《巴黎协定》的政治承诺,也是实现升温控制在1.5℃以内目标的必然选择。与大多数已实现碳达峰的发达国家相比,我国实现“双碳”目标面临更为复杂的挑战,必须发挥生态系统碳汇的特殊作用。

### 2.1 生态系统碳汇在实现“双碳”目标中的地位

在实现“双碳”目标过程中,碳达峰是碳中和的一个节点。从碳达峰到碳中和的过程就是经济增长与CO<sub>2</sub>排放从相对脱钩走向绝对脱钩的过程,也是能源、工业领域的碳排放量降低与生态系统碳汇等碳吸收逐渐增加直到二者相抵为零的过程。

我国从碳达峰到碳中和只有30a时间,是世界上从碳达峰到碳中和时间最短的国家。只有碳达峰时间越早、峰值越低,2060年前实现碳中和的可能性越大。

目前,人们认为可行的碳吸收方式是生态系统碳汇和碳捕集、利用与封存(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS)2种方式。CCUS是指将CO<sub>2</sub>从工业排放源中分离后直接加以利用或封存,以实现CO<sub>2</sub>减排的工业过程,是一项新兴的、具有较大潜力减排CO<sub>2</sub>的技术,被认为是应对全球气候变化、控制温室气体排放的重要技术之一。但是,目前CCUS技术还广受争议,主要有以下几点:一是能耗较高,部分技术不但不减排,反而增加了CO<sub>2</sub>排放;二是CCUS技术的应用尚存在潜在环境风险;三是成本与投资高昂,资本需求大,投资周期长,技术链条长,收益政策依赖性强等障碍制约

了 CCUS 技术的发展<sup>[16-17]</sup>。

生态系统碳汇是目前唯一可行的方式,也是碳中和的必然选项。生态系统碳汇量越大,实现碳中和的概率就越大。为实现碳中和愿景,转变发展方式和低碳结构性变革是核心,降低 CO<sub>2</sub> 等温室气体排放是根本。生态系统碳汇对实现碳达峰目标是非选项,对实现碳中和目标是必选项,这是生态系统碳汇在实现“双碳”目标中的基本定位。

## 2.2 生态系统碳汇与碳排放的空间错位

我国各省(区)生态系统碳汇量和储碳能力与本区域的碳排放量(能源消耗量)和碳排放强度存在较大的空间分布差异性。各省(区)的碳排放量与能源和高耗能工业等部门密切相关,涉及省(区)的产业结构、生产方式、生活方式及生产力的空间格局等社会经济的各个方面<sup>[18]</sup>。我国中西部省(自治区)如新疆、甘肃、内蒙古和山西等是煤炭生产和煤电开发大省,担负着国家能源安全保障的任务;同时,这些省(区)也拥有煤化工、钢铁和铝等高耗能产业,造成这些省(区)碳排放总量和碳排放强度长期排在全国前列。这些省(区)碳达峰时间要迟于全国大部分省(区)。由于自然禀赋等因素,这些省(区)的森林等自然资源并不丰富,生态系统碳汇增量小,呈现生态系统碳汇及增长潜力低与碳排放高的空间格局。东部一些省或直辖市,特别是北京、江苏、上海、浙江等已完成经济发展方式的转变,经济以服务业为主,数字经济发展较快,经济一定程度上开始脱碳,碳排放量逐渐下降,碳达峰可能在 2025 年左右实现。这些省(市)的自然生态状况较好,生态系统碳汇量潜力较大,呈现生态系统碳汇能力高而碳排放较低的空间格局。

在制定国家“双碳”路线图时,要考虑省际和区域的碳汇和碳排放不平衡格局,这需要能源产业布局调整和经济结构升级等系列措施,需要加大中西部地区生态保护和建设力度,提升生态系统碳汇能力。在制定省(区)级的碳达峰和碳排放路线图时,需要客观分析其碳排放和碳汇增长潜力实际情况,直面机遇和挑战,避免省级之间的攀比。

## 2.3 生态系统碳汇与碳排放的时间维度差异

能源、工业等人类活动导致的碳排放是以日、月、年为单位进行统计和分析的;生态系统的碳汇提升和储碳量维持是一个长期和变化相对缓慢的过程,以年度、5 年度、10 年度或更长时间年尺度来调查和计量。实现“双碳”目标的路线图和时间表

要考虑二者在时间维度上的差异。我国能够对能源和工业等领域的年度碳排放量进行统计和分析,但到目前为止,只编制了 5 次生态系统碳汇的年度清单。从清单可以看出,我国生态系统碳汇增长是一个长期缓慢的过程,实现“双碳”目标的路线图和时间表的顶层设计要优先考虑加大能源和工业等领域的减排力度,避免过度依靠生态系统碳汇抵消能源和工业领域的碳排放。

生态系统碳汇具有特殊性和复杂性,受自然状况制约,又受人为活动的影响。自然状况是决定生态系统碳汇及固碳能力的根本性因素,人为活动是具有很大影响的因素。这就决定了提升生态系统碳汇增量要遵从以自然为本、与自然和谐共生的理念,“双碳”路线图和时间表要体现生态系统碳汇的这些特征才具有可行性。

## 3 陆地生态系统碳汇在实现“双碳”目标中的几点建议

实现“双碳”目标是我国生态文明战略布局的组成部分,也是我国对全球气候治理的庄严承诺。我国生态文明建设进入了以降碳为重点战略方向、促进经济社会发展全面绿色低碳转型的关键时期。目前,国家正抓紧推进实现“双碳”目标的政策研究和顶层设计,编制地区、部门和行业的时间表、路线图和施工图。加强生态保护修复和提升生态系统碳汇增量是实现“双碳”目标的关键举措之一。编制陆地生态系统碳汇的路线图和施工图要考虑以下几个方面。

### 3.1 融入国家生态保护和建设工程

国家发布了《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》<sup>[19]</sup>(简称“双重”规划),涵盖了森林、草原、湿地河湖、荒漠、海洋等 5 类生态系统,目标是提高自然生态系统的质量和功能,生态系统应对气候变化是其中一项指标。国家林业和草原局已将“双碳”目标纳入林业、草原发展的重点工作,并按照“双重”规划要求实施区域性山水林田湖草沙系统治理工程。这些工程将充分利用坡地、荒地、废弃矿山等国土空间开展绿化,增加林草资源总量;实施森林质量精准提升工程,加强森林经营和中幼林抚育与退化林修复,加强草原保护和草畜平衡,提高森林、草原资源质量,提升森林、草原的固碳和储碳能力,增强生态系统适应

气候变化的能力。

### 3.2 构建生态系统碳汇增量的科技支撑体系

森林和草原等生态系统具有减缓和适应气候变化的双重功能,既能增强生态系统碳汇能力也能增强适应气候变化能力。国务院发布了《关于科学绿化的指导意见》<sup>[20]</sup>,提出了合理利用水资源、合理安排绿化用地、科学选择绿化树种草种等指导意见,也体现了生态系统应对气候变化的双重作用。在造林绿化方面,强调造林立地条件的调查和分析,坚持适地适树原则,以乡土树种为主、引进树种为辅,提高混交林比例,优化造林模式,培育适应气候变化的优质健康森林;在森林经营方面,根据林分、气候和立地条件变化,调整林分结构,构建稳定高效的森林生态系统,增强碳汇能力和抵御自然灾害的能力,减少灾害导致的碳排放;在草原管理方面,要考虑草原大多数分布在干旱半干旱地区的情况,维护草畜平衡,提高植被综合盖度既能增加土壤碳汇能力,又能提高草原适应气候变化的能力;在湿地管理方面,保持湿地面积稳定,减少泥炭地损失,恢复湿地功能,既能够保持湿地碳储藏量的稳定,也能提升湿地适应气候变化能力。目前,国际社会要求应对气候变化、生态系统修复和生物多样性保护进行综合考虑,开展综合履约,在科技上体现以“自然为本”的理念。为此,应从生态系统的碳汇、生物多样性、涵养水源、防风固沙等多种功能以及生态系统与气候变化的相互影响角度研究生态系统碳汇对“双碳”目标的作用,分析当前研究和政策的不足,提出以下建议:

(1)加强科学研究与政策制定的结合。气候学家、生态学家和政策制定者等应充分了解彼此的关切。生态学家应当从生态系统整体性出发,将固碳储碳与其他功能一起考虑,从减缓和适应气候变化两大方面,提出生态系统碳汇潜力、路径和计量方法;政策制定者应将最新成果转化为政策、规划,推动项目落地和实施。

(2)加强森林等生态系统应对气候变化的相应机制、减缓气候变化潜力和成本效益方面的研究,以及与粮食安全和其他生态系统服务之间关系的研究;加强森林碳循环、水循环的研究,以及对脆弱生态区域、人口群体影响的研究;加强生物质能源与森林减缓气候变化途径之间的相互作用和权衡的研究。

### 3.3 构建生态系统碳汇计量、监测和报告体系

《巴黎协定》对各国温室气体排放的核算和报告提出了明确要求,缔约方需要按照 IPCC 方法学,定期向公约秘书处提交国家信息通报、温室气体清单等报告。对林业和草原等生态系统而言,需要监测和核算林地、草地和湿地等生物量、土壤、枯落物、枯死木和木质林产品的碳储量及其年度变化,完善基础数据库和参数模型库,编制森林、草原、湿地、碳汇监测、核算和报告技术规程,定期更新数据和核算报告,完成国家履约工作。这些工作能够实时掌握生态系统时间和空间变化状况,为精准提升生态系统碳汇能力提供依据。加强对森林等生态系统碳通量在国家层面的监测以及与自主贡献目标实现情况相结合的研究,补充生态系统碳循环研究方面的不足。

### 3.4 建立生态系统碳汇交易机制

经过多年的试点工作,我国碳市场已正式启动,为绿色低碳发展提供了助力。碳市场能够为碳汇提供激励机制和资金支持,但由于我国林地产权和林业碳汇的特殊性,需要进行顶层制度设计,探索建立符合我国国情的林业碳汇交易制度,鼓励通过中国核证自愿减排量机制开展林业碳汇交易,推进林业碳汇融入国家碳排放权交易体系。在过去几十年碳市场发展过程中,由于生态系统碳汇计量和核算规则比较复杂,又容易受自然干扰影响等的特殊性,林业碳汇交易项目成功率较低,碳汇交易量受到限制,不符合未来碳汇在碳中和作用的预期,需要对林业等项目碳汇计量、核算和交易规则进行修改和完善,与我国碳市场交易规则相融合。另一方面,各国正在讨论将《京都议定书》清洁发展机制转移到《巴黎协定》市场机制和非市场机制的问题,这涉及到国际碳汇计量、交易和转移规则的修改与完善,也关系到我国碳汇交易体系建设。

我国建立了生态产品价值实现机制,加快完善政府主导、企业和社会各界参与、市场化运作、可持续的生态产品价值实现路径,着力构建绿水青山转化为金山银山的政策制度体系。生态系统碳汇具有重要的生态价值,生态补偿制度应该与碳汇交易制度关联,完善森林、草原和湿地生态补偿机制,为实现生态系统增汇提供资金支持。

### 3.5 完善应对气候变化履约和谈判机制

《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》

和《巴黎协定》的谈判及履约一直是推动各国应对气候变化行动的政治动力。气候谈判中的减缓、适应、资金、核算和能力建设等是各国应对气候变化共同面对和需要达成共识的议题。气候大会通过了“激励和支持发展中国家减少毁林及森林退化导致的排放、森林保育、森林可持续经营和增加碳储量行动(简称 REDD + 行动)”和 LULUCF 等决议,对林业应对气候变化行动起到引领和示范作用。《巴黎协定》实施细则为我国 2020 年后林业和草原等生态系统应对气候变化提供了行动指南,促进了我国生态系统碳汇计量、核算和报告方法的进步。《京都议定书》的清洁发展机制(Clean Development Mechanism, CDM)的林业方法学促进了我国林业碳汇项目开发、计量和市场交易。在“双碳”愿景下,要充分利用相关国际协议和规则,推动我国生态系统领域应对气候变化与国际接轨。

碳达峰、碳中和是国际社会关注的焦点问题。尽管我国宣布了碳达峰和碳中和目标,展示我们大国担当和责任,但作为全球最大碳排放国和全球第二大经济体,国际社会针对我国应对气候变化的立场和行动存在质疑,尤其是在国际多边谈判进程中,对于大幅削减温室气体排放以及建立全球统一标准的透明度体系等方面对我国咄咄逼人,面临减排的压力没有减少反而更大。随着我国经济社会的快速发展以及对外影响力的迅速提升,国际社会要求我国承担更多国际责任的愿望也越发强烈。我们需要进一步加强对国际形势动态变化的研判,在国际谈判议程设置、规则制定、技术标准、舆论导向等方面抢占话语权,推动国内的“双碳”工作与国际谈判的接轨。

## 4 结束语

提出“双碳”目标是我国绿色、低碳和高质量发展的第一步。从碳达峰到碳中和只有 30 a 时间,我们面临的压力前所未有。按照中央要求,我们要在 2021 年底前完成“双碳”路线图、时间表和施工图的设计工作,各地区和各行业都按照中央的统一部署制定各自的行动方案。本文只是提出了生态系统碳汇在“双碳”路线图和时间表方面的一些初步建议,更多的科学问题需要在实践中加以解决,例如:如何准确预测未来 40 a 生态系统碳汇增长潜力和空间分布,在林业和草原的管理实践中如何实

现“双碳”目标与林业和草原实际工作的有机结合,准确监测与评价气候变化特别是极端天气对生态系统的影响,等等。

## 参考文献(References):

- [1] 联合国环境与发展大会. 联合国气候变化框架公约(UNFCCC) [EB/OL]. 1992. <http://www.unfccc.int/process-and-implementation/>. United Nations Conference on Environment and Development. United Nations Framework Convention on Climate Change [EB/OL]. 1992. <http://www.unfccc.int/process-and-implementation/>.
- [2] 张守攻. 提升生态碳汇能力(大家手笔) [N]. 人民日报, 2021-06-10. Zhang S G. Enhancing the capacity of ecological carbon sinks [N]. The People's Daily, 2021-06-10.
- [3] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算 [J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(6): 804-812. Fang J Y, Guo Z D, Piao S L, et al. Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981-2000 [J]. Sci China Ser D: Earth Sci, 2007, 50(9): 1341-1350.
- [4] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Global Forest Resources Assessment 2020 [R]. Rome: FAO, 2020.
- [5] Zhang L, Zhou G S, Ji Y H, et al. Spatiotemporal dynamic simulation of grassland carbon storage in China [J]. Sci China Earth Sci, 2016, 59(10): 1946-1958.
- [6] Xiao D R, Deng L, Kim D G, et al. Carbon budgets of wetland ecosystems in China [J]. Glob Change Biol, 2019, 25(6): 2061-2076.
- [7] 国家林业和草原局. 中国森林资源报告(2014—2018) [M]. 北京: 中国林业出版社, 2019. State Forestry and Grassland Administration. Forest Resources Report of China (2014-2018) [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2019.
- [8] Pan Y D, Birdsey R A, Fang J Y, et al. A large and persistent carbon sink in the world's forests [J]. Science, 2011, 333(6045): 988-993.
- [9] 方精云, 于贵瑞, 任小波, 等. 中国陆地生态系统固碳效应——中国科学院战略性先导科技专项“应对气候变化的碳收支认证及相关问题”之生态系统固碳任务群研究进展 [J]. 中国科学院院刊, 2015, 30(6): 848-857. Fang J Y, Yu G R, Ren X B, et al. Carbon sequestration in China's terrestrial ecosystems under climate change——progress on ecosystem carbon sequestration from the CAS strategic priority research program [J]. Bull Chin Acad Sci, 2015, 30(6): 848-857.
- [10] Friedlingstein P, O'Sullivan M, Jones M W, et al. Global carbon budget 2020 [J]. Earth Syst Sci Data, 2020, 12(4): 3269-3340.
- [11] IPCC. Special Report on Global Warming of 1.5°C [M]. UK: Cambridge University Press, 2018.
- [12] 1990—2018 年期间国家温室气体清单数据. 联合国气候公约秘书处报告 [R/OL]. 2019. <https://unfccc.int/process-and-implementation/>

- meetings/transparency – and – reporting/reporting – and – review – under – the – convention/greenhouse – gas – inventories – annex – i – parties/national – inventory – submissions – 2019.
- [13] 生态环境部. 中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报[R]. 北京:生态环境部,2018.  
Ministry of Ecology and Environment. The Third National Communication of the People's Republic of China on Climate Change[R]. Beijing:Ministry of Ecology and Environment,2018.
- [14] Lal R. Carbon sequestration[J]. Philos Trans Roy Soc B; Biol Sci,2008,363(1492):815–830.
- [15] UNFCCC. Report of the Conference of the Parties on Its Twenty – first Session, Held in Paris from 30 November to 13 December 2015 [EB/OL]. FCCC/CP/2015/10/Add. 1, 2016. <https://www.un.org/zh/documents/treaty/files/FCCC-CP-2015-L.9-Rev.1.shtml>.
- [16] 程一步,孟宪玲. 二氧化碳捕集、利用和封存技术应用现状及发展方向[J]. 石油石化节能与减排,2014,4(5):30–35.  
Cheng Y B, Meng X L. Current application and development priorities of CCUS[J]. Energy Conserv Emiss Reduct Pet Petrochem Ind,2014,4(5):30–35.
- [17] 王金南,刘兰翠. 二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)项目的环境管理思考[J]. 低碳世界,2013(1):22–25.  
Wang J N, Liu L C. Considerations on environmental management of CCUS[J]. Low Carbon World,2013(1):22–25.
- [18] 刘真真,马远. 中国省域碳排放时空格局及其影响因素实证研究[J]. 新疆农垦经济,2021(2):53–62.  
Liu Z Z, Ma Y. An empirical study on the temporal and spatial pattern of China's provincial carbon emissions and its influencing factors[J]. Xinjiang State Farms Econ,2021(2):53–62.
- [19] 两部门联合印发《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035年)》[J]. 招标采购管理,2020(6):7–8.  
The two departments jointly issued the “National Major Ecosystem Protection and Restoration Major Projects (2021–2035)” [J]. Bidd Procure Manage,2020(6):7–8.
- [20] 国务院办公厅. 关于科学绿化的指导意见[EB/OL]. (2021–06–02). [http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/02/content\\_5614922.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/02/content_5614922.htm).  
General Office of the State Council. “Guiding opinions on scientific greening” [EB/OL]. (2021–06–02). [http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/02/content\\_5614922.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/02/content_5614922.htm).

## Roles and suggestions of terrestrial ecosystem carbon sink in achieving carbon emission peak and carbon neutrality in China

WANG Guosheng, SUN Tao, ZAN Guosheng, WANG Bang, KONG Xiangji

(Academy of Inventory, Planning and Designing, Forestry and Grassland Administration, Beijing 100714, China)

**Abstract:** Achieving carbon emission peak before 2030 and carbon neutrality before 2060 in China (refer as “double carbon” objectives) is a solemn commitment to international community, which has been categorized into ecological civilization construction. Ecosystem carbon sink is an important way to achieving “double carbon” objectives and the certain requirement of high quality development of forest and grassland. The carbon storage and carbon cycle of global forest, grassland and wetland has been evaluated by international agencies. The countries listing in Appendix 1 (developed countries and transitional economies of OECD in Appendix 1 of United Nations Framework Convention on Climate Change) have estimated the carbon emission and carbon sink in their own countries, and compiled the annual GHG lists. Besides, China has also launched five times of GHG lists, which have provided the foundation for dealing with climate change in China. During the process of establishing route maps and time tables of “double carbon” objectives, the authors suggested that not only the temporal and spatial differences between ecological carbon sink and carbon emission from energy and industry activities should be considered, but also the special features of ecological carbon sink and carbon emission. Ecological carbon sink is not the necessary option of carbon emission peak, but it is the necessary option of carbon neutrality. Ecological carbon sink should be consistent with the basic principles of the national “double carbon” objectives, and it also should be the main objectives of ecosystem construction and protection project. Besides, the carbon sink survey and measurement ability should be improved, and the carbon market and financing mechanism should also be perfected.

**Keywords:** climate change; ecological carbon sink; carbon emission peak; carbon neutrality

(责任编辑:刁淑娟)