

# 生态碳汇能力进程探讨与研究——以江苏省宿迁市为例

袁成<sup>1</sup> 程龙飞<sup>1\*</sup> 王森<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>宿迁市林业技术指导中心, 江苏宿迁, 223800)

(<sup>2</sup>泗洪县半城马浪湖林场有限公司, 江苏泗洪, 223900)

**摘要:** 基于当前国际国内碳汇形势, 以“双碳”目标实现为出发点, 分析国内生态碳汇能力研究现状及其进展, 碳汇市场建立、交易、实现途径, 以及碳汇项目设计、机制、方式等。以平原地区江苏省宿迁市为例, 研究林业资源状况、分布特点, 从开展碳汇计量监测、减少碳汇能力损失以及增加碳汇能力等角度, 提出建立碳汇计量监测评估体系、科学挖掘造林潜力、全面提升森林资源质量、增强湿地碳汇功能、加强林业有害生物防治、强化森林防火工作、加大野生动植物保护、注重森林资源管理等生态碳汇能力实现的途径和方法, 以期江苏北部和黄淮海平原地区碳汇能力建设提供借鉴和参考。

**关键词:** 碳汇能力; 探讨; 研究; 宿迁市

为了人类免受气候变暖的威胁, 1997年12月,《联合国气候变化框架公约》第3次缔约方大会在日本京都召开。149个国家和地区的代表通过了旨在限制发达国家温室气体排放量以抑制全球变暖的《京都议定书》。《京都议定书》规定,到2012年,所有发达国家二氧化碳等6种温室气体的排放量,要比1990年减少5.2%。2009年在哥本哈根召开的缔约方会议第十五届会议诞生了一份新的《哥本哈根议定书》,以取代2012年到期的《京都议定书》。2014年12月9日,《联合国气候变化框架公约》第二十轮缔约方会议(COP20)的中国政府代表表示,2016~2020年中国将把每年的二氧化碳排放量控制在100亿吨以下。2020年9月22日,习近平主席在第七十五届联合国大会上宣布,中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和(碳达峰是指二氧化碳在由升转降过程中达到的峰值,碳中和是指碳排放源与人为碳汇清除之间的平衡,碳达峰、碳中和简称“双碳”)。2021年9月,《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》又作出具体部署,到2060年,绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立,能源利用效率达到国际先进水平,非化石能源消费比重达到80%以上,碳中和目标顺利实现,生态文明建设取得丰硕成果,开创人与自然和谐共生新境界。笔者基于当前国际国内碳汇形势,以“双碳”目标实现为出发点,分析国内生态碳汇能力研究现状及其进展,以平原地区江苏省宿迁市为例,探讨生态碳汇能力实现的途径和方法,以期江苏北部和黄淮海平原地区碳汇能力建设提供借鉴和参考。

## 1. “双碳”总体目标及实现方式

碳汇(carbon sink),是指通过植树造林、植被恢复等措施,吸收大气中的二氧化碳,从而减少温室气

第一作者简介:袁成,男,55岁(1968年-),研究员级高级工程师,主要生态产品价值实现、林业科技研究推广工作。通信地址:223800 江苏省宿迁市便民方舟3号楼1117室, E-mail:yich312@163.com。

通讯作者简介:程龙飞,男,43岁(1980年-),正高级工程师,主要林业科技研究推广、林木种苗管理等工作。通信地址:223800 江苏省宿迁市洪泽湖793号建设大厦1713室, E-mail:77765361@qq.com。

体在大气中浓度的过程、活动或机制。目前，全球每年向大气排放约 510 亿吨温室气体，全球升温趋势日益凸显。《中国气候变化第二次两年更新报告》显示，2014 年我国二氧化碳排放量 102.75 亿吨，自然碳汇量 11.51 亿吨。减少温室气体排放、减缓气候变暖速度、制定碳达峰碳中和时间表，已经成为国际社会的广泛共识。

### 1.1 “双碳”总体目标

1.1.1 全球目标。按照《巴黎协定》，各方加强对气候变化威胁的全球应对，将全球平均气温升幅较工业化前水平控制在显著低于 2℃ 的水平，并向升温较工业化前水平控制在 1.5℃ 努力（认为碳排放是全球升温的主要原因）。

1.1.2 国家目标。从均量上看，2020 年我国人均二氧化碳排放量约为美国的一半，历史累计排放量也约为美国的一半。我国实现从碳达峰到碳中和的时间将仅有 30 年，远远短于发达国家所用时间，充分体现了大国担当的雄心和力度。从总量上看，《BP 世界能源统计年鉴（2020）》分析，2019 年我国二氧化碳排放量减为 98.26 亿吨，却占全球排放总量的 28.8%。因此可以说，只有中国碳达峰，全球才能碳达峰；只有中国碳中和，全球才能碳中和。

1.1.3 地方目标。江苏省碳达峰碳中和实施意见提出，2025 年绿色低碳循环经济体逐步形成；2035 年经济社会绿色低碳转型发展取得显著成效，二氧化碳达到峰值并实现稳中有降；到 2060 年，绿色低碳循环发展经济体系和清洁低碳安全高效能源体系全面建立，碳中和目标如期实现。宿迁市第六次党代会上提出，坚持绿色发展，实施绿色低碳综合能源示范项目，优化能源消费结构，提升生态碳汇能力，坚决遏制“两高”项目盲目上马，为实现碳达峰碳中和贡献宿迁力量。

### 1.2 “双碳”之前逻辑关系

1.2.1 碳排放与减排措施。碳排放伴随人类活动的方方面面，主要有能源消耗（包括能源供给部门和建筑、交通、工业等能源消费部门）、农业活动及废弃物处理等。为实现碳中和目标，多数国家制定了以产业政策为主的减排措施，主要包括：发展清洁能源，降低煤电的供应；减少建筑物碳排放，打造绿色建筑；减少交通运输业碳排放，布局新能源交通工具；减少工业碳排放，发展碳捕获、碳储存；减轻农业生产碳排放，加强植树造林等五方面。中国现行的减排行动与其他国家的共同点体现在节能提效、发展可再生能源、推广电动汽车、植树造林等方面，但受限于经济发展阶段和资源禀赋约束，中国在降低工业碳排放和减少煤炭、煤电供应方面面临更大的挑战，需要依靠产业结构调整 and 清洁电力驱动的电气化战略两个关键“抓手”来推进碳减排工作，并大力实施国土绿化行动，提升固碳能力。

1.2.2 碳中和路径。如果把碳中和理解为一个地区碳排放与碳汇量基本相抵、动态平衡的话，减少碳排放、增加碳汇量的措施就是具体行动。通过人为干预实现“碳中和”主要依靠大比例降低化石燃料的使用和发展负排放技术（即碳汇技术）两个路径。目前，我们国家发展与减排压力并存，能源结构的剧烈调整，会大大增加发展成本与能源供给稳定性，所以在节能减排的同时，要关注以林业碳汇为代表负排放技术发

展和使用，为我国在全球气候变化中争取更多话语权，并为我国经济社会转型发展争取更多的发展时间和空间。

### 1.3 碳汇的实现途径

1.3.1 工业碳汇。即碳捕获与封存技术（CCUS），指将二氧化碳从工业生产、能源利用过程或大气中分离出来，直接加以利用或注入地层以实现二氧化碳永久减排的一系列技术的总和，无论是在石化能源使用环节大量减少碳排放的传统 CCUS 技术，还是可以实现负碳排放的生物质能碳捕集与封存技术（生物质能源利用+CCUS）和直接空气碳捕集与封存技术，都是潜力十分巨大且效果显著的碳汇手段。但是，目前该技术还处于技术创新突破与示范阶段，实施成本较高，且存在碳泄露等生态安全风险，大规模部署的可能性尚未得到证实。

1.3.2 海洋碳汇。是指海洋及其生物吸收固定二氧化碳等温室气体的过程，包括海草床、红树林、海藻、珊瑚、潮间带植物固碳等<sup>2</sup>。海洋碳汇主要是自然形成的，而且是一个稳定值。

1.3.3 土壤碳汇和农作物碳汇。根据《第三次全国国土调查主要数据公报》，我国耕地面积约占国土总面积的 13.32%，农田土壤有巨大的固碳潜力。目前，我国土壤碳汇缺乏经认证的方法学，现有农田生态保护补偿政策法规并未与农田土壤碳汇产生链接，农作物碳汇交易收益能否覆盖成本有待进一步讨论。因此，我国尚未开展农作物碳汇和土壤碳汇交易。

1.3.4 生态碳汇。生态碳汇一般指是通过人为措施，以生物方式从大气中吸收固定二氧化碳的过程、活动或机制。包括森林碳汇、草原碳汇、农作物碳汇、湿地碳汇（包括滨海湿地）等。目前，森林碳汇吸收大约 28% 的人为碳排放。

1.3.5 林业碳汇。林业碳汇生态碳汇的重要组成部分，在行业内指通过造林绿化、植树种草、湿地修复、荒漠化治理、森林资源保护和其它林业管理措施，以可再生的自然方式稳定和增加碳汇量的过程。林业碳汇方式，相比于工业碳汇，具有成本低、易施行、兼具生态效益的显著特点；相比于农作物碳汇和土壤碳汇，具有年均累积速率大、生物质储存时间长等优势；相比于海洋碳汇，具有固碳速度快、过程便于人为调节等优势。就是链条延伸到木材加工业，在产生一定碳源时也有延长碳储存时间的优点。

## 2. 林业碳汇交易市场建设进展

碳汇市场的体现是碳排放交易。碳交易是以碳定价为基础、旨在减少碳排放的市场激励机制，《京都议定书》签署后，碳交易市场制度体系的构建成为发达国家实现碳减排的重要措施。林业碳汇市场已经起步建设，正在经历快速发展的首发阶段。

### 2.1 碳排放交易现状

全国碳排放权交易市场于 2021 年 7 月 16 日正式启动，该市场一上线，覆盖排放量就超过 40 亿吨，成为全球覆盖温室气体排放量规模最大的碳交易市场。2021 年碳排放配额累计成交量 1.79 亿吨，履约完成率达到 99.5%。但是，目前我国碳交易市场还存在流动性严重不足，金融机构参与度较低，碳价还不能

完全体现碳配额的稀缺程度等问题，需要通过完善制度体系来推动碳交易市场的进一步发展。

## 2.2 林业碳汇市场建设

2010年，经国务院批准，我国成立了首家以增汇减排、应对气候变化为目标的全国性公募基金会——中国绿色碳汇基金会（CGCF）。

2.2.1 国家林业碳汇市场。2011年，国家在北京、广东、上海、天津、重庆、湖北和深圳7省（市）启动碳排放交易试点，试点交易产品主要为碳排放配额和国家核证自愿减排量（CCER），林业碳汇项目即属于自愿减排交易类型之一。为积极推进林业碳汇参与碳交易试点工作，国家林业局组织编制并报国家气候变化主管部门备案了《碳汇造林项目方法学》《森林经营碳汇项目方法学》《竹子造林碳汇项目方法学》《竹子经营碳汇项目方法学》，为国家开展林业自愿减排碳汇项目开发及碳汇交易奠定了技术基础。2017年12月19日，国家发展和改革委员会印发了《全国碳排放权交易市场建设方案（发电行业）》，标志着我国碳排放交易市场建设具体项目正式启动。2021年1月5日，生态环境部发布《全国碳排放权交易管理办法（试行）》（简称《管理办法》），于2021年2月13日起施行，标志着全国碳排放权交易体系正式投入运行，其中规定重点排放单位每年可使用包括林业碳汇项目在内的国家核证自愿减排量（CCER）抵消不超过应清缴碳排放配额的5%。2021年7月16日，全国碳市场正式启动交易，首日成交量410.4万吨，成交额21023.01万元，成交均价51.23元/吨。2022年11月，国家林业和草原局办公室发布了北京市通州区等18个林业碳汇试点市（县）和北京市十三陵林场等21个国有林场森林碳汇试点名单。

2.2.2 地方林业碳汇市场。在区域或地方层面，北京、广东、福建和贵州等省（市）先后开展了试点和实践。2012年，北京市政府颁布《北京市碳排放权交易试点实施方案（2012—2015）》，明确交易市场参与者可购买使用“中国核证减排量”（CCER）抵消其排放。2013年11月，北京市碳排放权交易开市，出台《北京市碳排放权交易试点管理办法（试行）》，林业碳汇作为抵消机制纳入其中，北京市核证减排量（BCER）可参与碳交易。2015年，广东省启动碳普惠制建设，出台《广东省碳普惠制试点工作实施方案》，将林业碳汇纳入其中，并于2017年备案了《广东省森林保护碳普惠方法学》《广东省森林经营碳普惠方法学》2个地方方法学，广东省碳普惠制核证减排量（PHCER）可参与广东省试点碳市场交易。2016年，福建省出台《碳排放权交易市场建设实施方案》《福建省碳排放权抵消管理办法（试行）》，2017年出台《福建省林业碳汇交易试点方案》，福建省林业厅负责经福建省碳排放权交易工作协调小组办公室（以下简称省碳交办）备案的福建省林业碳汇减排量（FFCER）相关工作的组织实施、综合协调和监督管理，对申请备案的FFCER进行评审，评审结果报省碳交办核定。2018年，贵州省政府印发《贵州省生态扶贫实施方案（2017—2020年）》，开展碳汇交易试点扶贫工程，开发了《贵州省单株碳汇方法学》，在14个深度贫困县进行林业碳汇项目开发及碳汇交易。

## 2.3 林业碳汇项目机制和方式

林业碳汇通过碳市场交易与碳中和补偿2种方式获得收益，在国际国内2类市场共存在9种项目机制

类型。国际市场包括清洁发展机制（CDM）项目、国际自愿碳标准（VCS）项目补偿交易、黄金标准（GS）项目，国内市场包括国家核证自愿减排量（CCER）项目、中国绿色碳汇基金会（CGCF）自主开发的项目、地方认定的北京市核证减排量（BCER）项目、广东省碳普惠制核证减排量（PHCER）项目、福建省林业碳汇减排量（FFCER）项目、贵州省单株树碳汇扶贫项目。

## 2.4 地方碳汇项目设计

森林是陆地系统最大的储碳库，在“双碳”时代中，森林碳汇举足轻重，将发挥不可替代的作用。同时，湿地碳汇（本文不探讨滨海湿地）是潜在的、巨大的碳汇潜能，在碳中和过程中将发挥特殊的作用。

《江苏省生态环境厅 2022 年推动碳达峰碳中和工作计划》开展重点排放单位碳核查：按照《碳排放权交易管理办法（试行）》和企业温室气体排放核算方案、报告与核查指南，组织开展全省 500 余家石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、电力、航空等行业重点排放单位 2021 年度温室气体排放报告与核查工作，加强数据审核，保证数据质量，为参加国家碳市场第二个履约周期交易提供基础数据。积极参与国家自愿减排交易：指导各设区市结合自身资源禀赋、产业结构状况，积极组织开发一批林业碳汇、新能源、工业节能降碳等类型自愿减排项目。江苏省生态系统碳汇增量项目中，林业类包括国土绿化行动、森林质量提升工程、湿地保护修复等方面，项目载体有森林碳汇监测、湿地碳汇评估、碳汇林营造、森林认证等。江苏省林业碳汇交易尚处于探索和自愿试点阶段。

## 3. 宿迁市林业碳汇能力途径探讨

宿迁市工业经济发展处于追赶、上坡阶段，而工业和实体经济又是碳排放主体，不可能也不必要以减慢工业发展来降低碳排放，只能是以低碳城市建设来减少排放，以能源结构优化来控制排放，以提升生态碳汇能力来抵消排放。宿迁地区林业碳汇主要是森林碳汇、湿地碳汇，不包括草原碳汇、海洋碳汇、农作物和土壤碳汇。

### 3.1 森林碳汇能力现状

根据江苏省林科院王磊研究员对江苏省森林碳储量估算，2005 年宿迁市森林碳储量为 424.78 万吨，占全省 17.99%，居第二位；南京林业大学杨加猛教授对江苏省森林碳储量估算，2005 年宿迁市森林碳储量为 369.87 万吨，占全省 14.28%，居第二位。按照宿迁市森林资源二类调查数据测算，2010 年宿迁市森林碳储量为 483.65 万吨，占全省 10.43%，居第三位。由于宿迁市 2009 年以后一直没有进行森林资源二类调查（即普查），森林面积和活立木蓄积量等数据精度有所降低，尽管森林碳储量的计算有诸多方法，影响因子较多且数据有所不同，但在同一测算体系下得出的结论都能说明，宿迁市森林碳储量具有全省处于前列。

江苏省森林资源监测中心 2010 年曾比较并提出，宿迁市以全省 1/12 土地，营建全省 1/8 森林，产出全省 1/6 木材。2023 年 2 月全省森林资源监测显示，宿迁成片林面积（指森林覆盖面积，不是林地面积）300.9 万亩，其中乔木林 281.8 万亩。按照平均参数测算，全市保有活立木蓄积量 1000 万立方米以上。森林每生产 1 立方米木材，平均吸收 1.83 吨二氧化碳，宿迁市每年每平方公里吸收二氧化碳 300.5 吨，森

林碳汇能力是全省最强的。应当指出，2015年以来宿迁市开展杨树更新改造工作，杨树纯林面积逐年减少且成熟林占比下降，导致森林碳汇能力纵向比有所减弱。

### 3.2 湿地碳汇能力现状

江苏省林业局认定，宿迁市2022年度湿地保有量243.9万亩，占国土面积的19%，面积位列全省第6位。其中自然湿地166万亩，受保护自然湿地面积113.1万亩；自然湿地保护率68.1%，位列全省第6位。建成1个国家级自然湿地保护区、3个省级湿地公园、28个湿地保护小区。宿迁湿地碳汇能力尚未开展数据化、价值化评估。

### 3.3 碳汇价值实现的途径和方法

从宿迁市林业发展看，碳汇能力工具箱里工具很多，包括但不限于：宜林地（绿化盲区）造林、林业生物质能源发展、低效林更新、农田林网标准提升、村庄绿化提质、森林抚育、退化林修复、森林可持续经营、森林资源保护与病虫害防控、河湖湿地修复、湿地保护、湿地生物多样性提升、森林采伐管理、林地征占用管理、森林防火防灾。

#### 3.3.1 开展碳汇计量监测

全国林业碳汇计量监测体系建设是林业实现碳达峰、碳中和的一项基础性、全局性、战略性工作。2015年起，国家林草局确定每3年在全国范围内开展一轮林业碳汇计量监测工作。市级的林业碳汇监测体系还未建立。积极做好市县新一轮林业碳汇计量监测工作，持续为全省碳达峰、碳中和提供林业基础数据。发挥湿地资源优势，推进湿地碳汇项目试点，科学规范湿地固碳能力的计量与监测，开展湿地的固碳速率、湿地碳汇评估方法、湿地碳汇潜力评估等研究，使湿地成为实现碳汇的阵地之一。

#### 3.3.2 增加林业碳汇能力

a. 科学挖掘造林绿化潜力。进一步挖掘拾边隙地等造林绿化潜力，持续推进沟渠河湖沿线造林绿化，积极打造铁路公路沿线生态景观廊道，强化农田林网、绿美村庄和森林城市建设，落实单位和部门绿化责任制，全力扩大森林资源面积，增加森林碳汇。

b. 全面提升森林质量。目前，宿迁市亩均森林蓄积量低于全国平均水平。差距就是潜力。强化森林抚育经营，有序改造低效林、修复退化林，推进国土绿化与“三化”结合，坚持科学造林、精细管理，促进森林结构不断优化、质量不断提升、固碳能力全面增强。

c. 增强湿地碳汇功能。加强湿地资源保护，严格控制破坏湿地、乱征占用湿地等行为，确保湿地面积不减少，减少湿地碳排放；开展退化湿地生态修复，提升湿地生态质量，增强湿地固碳功能；实施退圩（养）还湿等工程，修复扩大湿地面积，提高湿地碳汇能力。

#### 3.3.3 减少碳汇能力损失

a. 加强林业有害生物防治。综合开展林业有害生物监测调查、检疫执法和灾害除治，推进有害生物防控监测智能化、信息化，强化检疫监管，加强重大有害生物工程治理，积极推广无公害防治，减少有害生

物灾害导致的碳排放。

b. 强化森林防火工作。提升森林火灾监测、火源管控和应急处置能力，遏制重大森林火灾发生，森林火灾受害率、控制率均达到责任状指标要求，有效减少森林火灾导致的碳排放。

c. 加大野生动植物保护。保护省级以上野生动植物，拯救极小种群，提高气候变化情况下重要物种和珍稀物种适应性。加强林业自然保护区建设，强化景观多样性保护和恢复，开展适应性管理，提升气候变化情况下生物多样性保育水平。

d. 注重森林资源管理。严格落实林地保护利用规划，坚决遏制林地流失势头，科学确定采伐限额，改进林木采伐方式，严厉打击滥采乱伐，减少林地流失、林木减少、森林退化导致的碳排放。

#### 4. 结论

碳达峰的难点是节能减排低碳，碳中和的关键是增加生态碳汇能力；林业碳汇主要是基于自然的过程，不论是方法的简约性，还是过程的清洁性，林业碳汇相比于工业碳汇、农作物碳汇和土壤碳汇、海洋碳汇，都是最简约、最高效、最优质的生态碳汇能力。提升林业碳汇能力，有必要解剖、分析林业碳汇价值。

## 参 考 文 献

习近平.在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话 [N].人民日报.2020-09-023.

李富福.全球第一例 CDM 理事会碳汇造林项目在我区成功实施 [J].广西林业.2010(8)

谢和生.何亚婷.何友均.我国林业碳汇交易现状、问题与政策建议 [J].林草政策研究.2021,1(3).

焦玉海.张旭光.中国绿色碳汇基金会黑龙江碳汇专项基金成立 [N/OL].中国绿色时报.2011-11-02.

刘世荣《提升林草碳汇，助力碳达峰碳中和目标实现》

李金良《碳汇对碳达峰碳中和的作用》

碳交易市场发展及其制度体系的构建（碳排放交易网 tanpaifang.com，人大生态金融蓝虹 2022-05-24）