

# 中国生态系统碳汇能力巩固与提升专栏

## 导 读

实现碳达峰碳中和(以下简称“双碳”),是以习近平同志为核心的党中央统筹国内国际两个大局作出的重大战略决策,是着力解决资源环境约束突出问题、实现中华民族永续发展的必然选择,是构建人类命运共同体的庄严承诺。党的二十大报告提出“提升生态系统碳汇能力,积极参与应对气候变化全球治理”,充分展现了我国积极参与和引领全球气候治理的大国担当。生态系统具有巨大的碳汇能力,巩固和提升生态系统碳汇能力,有效发挥森林、草原、湿地、海洋、土壤、冻土等的固碳作用<sup>[1]</sup>,用碳吸收抵消碳排放,对于统筹发展和安全、科学地把握“双碳”工作节奏,推动生态文明建设、减缓和适应气候变化,走出一条符合国情的生态优先、绿色低碳发展道路具有重要意义。

近几十年来,特别是党的十八大以来,我国生态保护修复取得了巨大成就,为生态碳库保护和碳汇能力提升奠定了基础。长期以来,科研人员围绕生态系统碳循环过程、固碳机制和增汇原理等开展了大量研究,但是,对我国陆地和海洋碳汇规律和特性的认知依然存在较多不确定性<sup>[2]</sup>。在“双碳”目标下,亟待进一步揭示生态系统碳循环过程机理及碳汇功能时空动态,构建并完善生态保护修复与固碳增汇协同的理论体系、应用技术和模式,科学评估其增汇效应和可行性,为集成不同区域增汇路径并逐步推进区域示范提供支撑<sup>[3]</sup>。

为更好地将生态保护修复相关领域先进经验、方法和成果服务于国家生态系统碳汇能力巩固与提升行动,《生态学报》联合自然资源部国土空间生态修复司、自然资源部国土整治中心、中国土地学会国土整治与生态修复分会开设“中国生态系统碳汇能力巩固与提升”专栏,以满足生态系统碳汇研究与交流需要,为我国实现“双碳”目标提供理论指导与技术支撑。

本专题集合了国内生态系统碳汇能力巩固与提升的最新研究进展,涵盖内容丰富,包含生态系统碳汇研究进展综述、碳排放和碳汇能力评估与预测、生态系统过程机理研究和碳中和综合性研究等多个主题。通过具体案例,多方面、多角度展示了生态系统碳汇能力巩固与提升研究的科学原理和技术。这些研究可以帮助我们更好认识生态系统碳汇及其巩固提升路径,对指导生态保护修复工作和实现碳中和目标具有重要意义。其中,赵明月等<sup>[4]</sup>梳理了农田生态系统碳汇相关概念,比较了农田生态系统碳汇研究方法,研究了中国农田生态系统碳库时空分布,分析了影响因素及固碳方法,有助于推动农田生态系统碳汇科学研究和技术推广,为实现农田生态系统助力碳中和寻求重要路径。张骁栋等<sup>[5]</sup>综述了 IPCC 湿地清单编制的方法学与中国湿地清单的研究进展,分析了现阶段我国在湿地温室气体清单编制方面存在的问题,提出相关改进建议,有助于提升我国编制湿地温室气体清单的能力,从而降低 AFOLU 领域对实现碳中和贡献的不确定性。马新萍等<sup>[6]</sup>基于固碳量和碳排放量得到秦岭山地空间碳中和量,指出秦岭山地固碳量远远大于碳排放量,可以将秦岭山地看作一个大型碳汇。高峰<sup>[7]</sup>等分析了青藏高原东缘生态过渡带碳汇量和碳排放时空演变特征,对 5 种经济发展情景下的碳中和进行了预测和评估,发现青藏高原东缘生态过渡带具有较强固碳能力,但如采用不加管制的发展模式,其碳汇量将无法抵消其碳排放量。邵壮等<sup>[8]</sup>基于 1990—2018 年北京市土地利用数据型测算了 1990—2018 年北京市碳储量变化,分别预测了自然演变、人口疏解城市发展、绿色集约生态保护情景三个城市发展情景下 2035 年碳储量变化,提出了北京市未来城市发展与低碳城市建设规划建议。范紫月等<sup>[9]</sup>构建了农业系统温室气体排放核算体系,分析了 1980—2020 年我国全国和区县级尺度上的农业系统温室气体排放总量和变化趋势,有助于揭示我国农业温室气体排放的动态特征、现状规律、以及空间差异性特征,从农业减排角度为实现双碳目标提供科学参考。侯瑞萍等<sup>[10]</sup>以全国林业应对气候变化碳汇计量监测体系建设结果数据为基础,应用森林碳库专项调查建立的碳计量模型和参数,结合森林资源清查成果等数据,估算了

2020年长江经济带林地和其他生物质碳储量和碳汇量,并提出了碳中和愿景下森林固碳增汇的有效途径。李海萍等<sup>[11]</sup>分析了贵州省退耕地的宜林宜草宜灌适宜性并对退耕还林的潜在碳汇效益进行评估,发现贵州省新一轮退耕还林还草工程的碳汇潜力巨大碳汇总收益可达2117万吨,且林地碳汇最大。侯丽朋等<sup>[12]</sup>建立了碳排放与人口规模、城镇化率、人均GDP、能源强度和产业结构间的函数关系对2021—2050年的碳排放及碳排放强度进行了预测,为闽三角碳达峰提供时间和技术路径参考。卿苗等<sup>[13]</sup>利用石羊河流域1980—2020年土地利用数据,探究了石羊河流域在过去40年间和未来自然变化、生态保护、耕地保护3种情景下的土地利用变化对碳储量的影响,对未来土地利用规划有一定指导意义。王秩浩等<sup>[14]</sup>以重庆武陵山区不同林龄年生马尾松天然次生林为研究对象,对马尾松各器官、凋落物以及土壤C、N、P含量及其生态化学计量特征进行研究,发现对于该区域马尾松天然次生林,应采取适当增施氮肥或林下补植固氮树种的营林措施,以提升马尾松天然次生林的固碳增汇能力。郭学媛等<sup>[15]</sup>基于多期森林资源规划调查数据,和土地利用类型的时空变化和林业活动类型划分,分类分析了南平市森林碳源和碳汇的空间分布特征,并量化了不同林业活动对森林碳汇和碳源的影响,发现优化龄组结构提升森林生长量、减少毁林和防止森林退化可以作为该区域未来森林增汇减排的有效举措。张婧婷等<sup>[16]</sup>研究了1981—2019年间中国华北平原农田土壤有机碳储量的时空变化及其驱动因子,发现过去几十年农田管理措施的改进显著提高了华北平原农田土壤有机碳的增速,未来华北平原农田系统固碳潜力仍然可观。王红岩等<sup>[17]</sup>选取南京市江北新区的典型水体,探究了驱动水体 $N_2O$ 排放通量的关键因素,为城市区域 $N_2O$ 排放的精准核算提供了数据支撑,为 $N_2O$ 排放模型的修正提供了科学依据。邱陈澜等<sup>[18]</sup>对京津冀城市群生态空间固碳服务功能及其与景观格局的关系特征进行研究,发现2000—2018年期间生态空间三种用地的年固碳量排序为:耕地>林地>草地,单位固碳量区域分布差异明显且随时间变化量大,生态空间总固碳量与LSI呈显著正相关性。王丹等<sup>[19]</sup>分析了南四湖流域2000—2018年土地利用碳排放与其生态系统服务价值时空关系,认为水体面积的增加是南四湖流域生态服务价值整体上增加的决定因素,碳排放强度和ESV强度具有空间负相关性,局部聚集现象明显,流域整体上面临着ESV和碳排放增加的趋势。孙锦等<sup>[20]</sup>分析了中国30个省级行政区的农业水、土、碳足迹的空间格局、流动特征及关联状况,发现农业水、土、碳足迹流动表现出明显的关联性特征,空间关联网络存在不均衡性,自然条件、社会经济、产业结构、耕作方式及种植结构等的区域差异是导致其空间差异的主要因素,并提出了农业低碳发展的政策建议。李潇等<sup>[21]</sup>以河南省为例,以1km网格为单元,研究1995、2005、2015年区域碳平衡的时空变化,发现研究区固碳服务的供需量与土地利用类型密切相关,在碳平衡分析的基础上提出了空间优化利用建议,为未来国土空间规划碳平衡目标的实现提供参考。滕菲等<sup>[22]</sup>分析了长三角城市群区域碳收支与城市空间形态的时空耦合关系,结果表明长三角城市群碳收支在时间和空间上都存在明显的异质性,建成区总面积是碳收支空间异质性的主要驱动因素。许蕊等<sup>[23]</sup>以黄河流域内蒙古段为研究区,通过改进的IPAT模型和集成生态圈模拟器IBIS,对2018—2060年碳排放变化趋势和达峰情况和2060年生态系统碳汇水平展开多情景预测,分析了不同情景下的碳达峰实现时间以及碳中和程度及路径,并结合研究区实际情况从不同角度提出政策建议。侯丽朋等<sup>[24]</sup>在碳排放核算的基础上,使用Tapio脱钩模型和LMDI方法对闽三角以及厦门、漳州和泉州的脱钩状态和碳排放的驱动机制进行研究,发现闽三角的脱钩状态逐渐改善,人均GDP和人口规模是闽三角碳排放的正向因素,能源结构和能源强度是负向因素,优化能源结构是闽三角实现碳减排和“双碳”目标的关键。魏庭阳等<sup>[25]</sup>分析了2000—2015年福建省碳超载时空演变格局与变动模式、关键驱动因素及其空间差异性,研究发现福建省碳超载总量持续增长,总体呈“东南高-西北低”不均衡发展格局,呈现局部集聚性,人口规模增长、工业化和城镇化发展是福建省县域碳超载加剧的主要驱动因素。许世贤等<sup>[26]</sup>基于涡度协相关技术观测的四个地面站数据验证了MOD17、VODCA2、VPM、TG、SANIRv五种遥感GPP模型的模拟精度,并比较其在中亚四个典型地表生态系统的适用性,认为水分亏缺是限制植被GPP的主要因素,在中亚干旱区应用GPP模型应合理考虑水分胁迫的影响。

## 参考文献 (References):

- [ 1 ] 《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书
- [ 2 ] 于贵瑞,郝天象,朱剑兴.中国碳达峰、碳中和行动方略之探讨[J].中国科学院院刊,2022,37(4):423-434.
- [ 3 ] 于贵瑞,朱剑兴,徐丽,何念鹏.中国生态系统碳汇功能提升的技术途径:基于自然解决方案[J].中国科学院院刊,2022,37(4):490-501.
- [ 4 ] 赵明月,刘源鑫,张雪艳.农田生态系统碳汇研究进展.生态学报,2022,42(23):9405-9416
- [ 5 ] 张骁栋,朱建华,康晓明,等.中国湿地温室气体清单编制研究进展.生态学报,2022,42(23):9417-9430
- [ 6 ] 马新萍,李晶,余玉洋,等.秦岭山地碳中和空间服务范围及其模拟预测研究.生态学报,2022,42(23):9431-9441
- [ 7 ] 高峰,律可心,乔智,等.青藏高原东缘生态过渡带碳中和评估与预测.生态学报,2022,42(23):9442-9455
- [ 8 ] 邵壮,陈然,赵晶,等.基于 FLUS 与 InVEST 模型的北京市生态系统碳储量时空演变与预测.生态学报,2022,42(23):9456-9469
- [ 9 ] 范紫月,宋春玉,齐晓波,等.中国农业系统近 40 年温室气体排放核算.生态学报,2022,42(23):9470-9482
- [ 10 ] 侯瑞萍,夏朝宗,陈健,等.长江经济带林地和其他生物质碳储量及碳汇量研究.生态学报,2022,42(23):9483-9498
- [ 11 ] 李海萍,李定恒,李豪.贵州省退耕还林还草的潜在碳汇效益评估.生态学报,2022,42(23):9499-9510
- [ 12 ] 侯丽朋,唐立娜,王琳,等.闽三角城市群碳达峰的多情景模拟分析.生态学报,2022,42(23):9511-9524
- [ 13 ] 卿苗,赵军,冯超,等.1980—2030 年山羊河流域生态系统碳储存服务对土地利用变化的响应.生态学报,2022,42(23):9525-9536
- [ 14 ] 王铁浩,周建岗,符裕红.林龄对重庆武陵山区马尾松天然次生林 C、N、P 生态化学计量特征的影响.生态学报,2022,42(23):9537-9547
- [ 15 ] 郭学媛,朱建华,刘华妍,等.林业活动对区域森林生物量碳源汇格局的影响—以南平市为例.生态学报,2022,42(23):9548-9559
- [ 16 ] 张婧婷,石浩,田汉勤,等.1981—2019 年华北平原农田土壤有机碳储量的时空变化及影响机制.生态学报,2022,42(23):9560-9576
- [ 17 ] 王红岩,周旭东,孙国新,等.城市化地区典型水体的 N<sub>2</sub>O 排放通量特征—以南京市为例.生态学报,2022,42(23):9577-9589
- [ 18 ] 邱陈澜,王彩侠,章瑞,等.京津冀城市群生态空间固碳服务功能及其与景观格局的关系特征研究.生态学报,2022,42(23):9590-9603
- [ 19 ] 王丹,荆延德,韩善梅,等.基于格网的南四湖流域土地利用碳排放与其生态系统服务价值时空关系分析.生态学报,2022,42(23):9604-9614
- [ 20 ] 孙锦,刘源,赵荣钦,等.基于投入产出的中国省际农业水-土-碳足迹流动分析.生态学报,2022,42(23):9615-9626
- [ 21 ] 李潇,吴克宁,冯喆,等.基于固碳服务供需视角的河南省碳平衡研究.生态学报,2022,42(23):9627-9635
- [ 22 ] 滕菲,王艳军,王孟杰,等.长三角城市群城市空间形态与碳收支时空耦合关系研究.生态学报,2022,42(23):9336-9650
- [ 23 ] 许蕊,黄贤金,王佩玉,等.黄河流域国土空间碳中和度研究-以内蒙古段为例.生态学报,2022,42(23):9651-9662
- [ 24 ] 侯丽朋,王琳,钱瑶,等.“双碳”目标下闽三角碳排放脱钩状态及驱动机制分析.生态学报,2022,42(23):9663-9676
- [ 25 ] 魏庭阳,张晨,缪一祎.福建省碳超载时空格局演化及弱化路径.生态学报,2022,42(23):9677-9688
- [ 26 ] 许世贤,井长青,高胜寒,等.遥感 GPP 模型在中亚干旱区 4 个典型生态系统的适用性评价.生态学报,2022,42(23):9689-9700

自然资源部国土空间生态修复司  
自然资源部国土整治中心  
中国土地学会国土整治与生态修复分会