

哈大齐地区生态系统碳汇固碳潜力与提升路径研究

赵宇

东北石油大学, 中国·黑龙江 大庆 163000

摘要:“双碳”目标背景下,在实现碳中和的进程中区域生态系统碳汇功能发挥了重要作用。以哈尔滨、大庆、齐齐哈尔为核心的哈大齐地区,既是东北重要的工业走廊,也是一个典型的复合生态系统。研究表明,该区域生态系统具有可观的碳汇功能与固碳潜力。本文聚焦该地区湿地、森林、农田和草地等主要生态系统的碳汇现状与固碳机理,探讨了气候变化与高强度人类活动双重影响下碳汇功能面临的挑战与风险,并从自然恢复与人工调控两个方面论述了该区域未来可实现的固碳潜力及其空间分布特征。在此基础上,提出了通过加强国土空间管控、开展以自然恢复为导向的系统性生态修复,实行保护性土地利用与管理,并建立健全生态产品价值转化机制,增强区域生态系统固碳效能,引领绿色低碳转型进程,为松嫩平原及东北地区推进生态文明建设、落实碳中和目标提供理论支撑与实践路径。

关键词:生态系统碳汇;固碳潜力;哈大齐地区;提升路径;碳中和

Research on the Carbon Sequestration Potential and Enhancement Paths of Ecosystems in the Harbin-Dalian-Qiqihar Region

Zhao Yu

Northeast Petroleum University, China Heilongjiang Daqing 163000

Abstract: Under the "dual carbon" goal, the carbon sink function of regional ecosystems plays a significant role in the process of achieving carbon neutrality. The Harbin-Daqing-Qiqihar region, centered around Harbin, Daqing, and Qiqihar, is not only an important industrial corridor in Northeast China but also a typical complex ecosystem. Research has shown that the ecosystem in this region possesses considerable carbon sink function and carbon sequestration potential. This paper focuses on the current status and carbon sequestration mechanisms of major ecosystems such as wetlands, forests, farmland, and grasslands in the region. It discusses the challenges and risks faced by the carbon sink function under the dual impacts of climate change and high-intensity human activities. Furthermore, it examines the potential carbon sequestration and its spatial distribution characteristics in the region from the perspectives of natural restoration and artificial regulation. Based on this, it proposes to enhance the carbon sequestration efficiency of regional ecosystems by strengthening territorial spatial management, carrying out systematic ecological restoration oriented towards natural restoration, implementing protective land use and management, and establishing a sound mechanism for the value transformation of ecological products. This will lead the green and low-carbon transformation process and provide theoretical support and practical pathways for promoting ecological civilization construction and achieving carbon neutrality goals in the Songnen Plain and Northeast China.

Keywords: Ecosystem carbon sink; Carbon sequestration potential; Harbin-Dalian-Qiqihar region; Enhancement path; Carbon neutrality

0 引言

为积极应对全球气候治理挑战,中国正式承诺于2030年前实现碳排放达峰、2060年前实现碳中和的“双碳”战略目标。达成这一愿景,不仅依赖于能源结构转型、工业流程再造与交通体系优化所带来的直接减排,更在于充分发挥陆地生态系统的气候调节服务功能,特别是其巨大的碳吸收与封存潜力。植被通过光合作用固定大气二氧化碳,

并将其以有机质形式存储于生物量与土壤之中,构成了成本效益显著且兼具生物多样性保护等多重效益的负排放途径。因此,精准量化并提升区域尺度的生态系统碳汇能力,已成为践行“双碳”战略不可或缺的科学与实践命题。

位于中国东北松嫩平原腹地的哈大齐地区,是东北亚重要的经济增长极与产业集聚区。该区域生态环境本底优越,构成了一个结构复杂的复合生态系统:东部与北部毗

邻大小兴安岭森林带，中部为广袤的松嫩草原与湖泊沼泽湿地，西部及南部则是全球罕见的肥沃黑土带，支撑着集约化的高产农业。然而，长期的资源高强度开发、城市空间扩张、传统农业活动以及气候变暖导致的水热格局变动，已对该区域森林、草地、湿地等生态系统的完整性构成威胁，可能削弱其固有的碳汇功能，进而加剧经济发展与生态保护间的矛盾。

系统评估哈大齐地区生态系统的固碳能力，不仅对保障区域生态安全与可持续发展至关重要，还对维护国家粮食安全、巩固北方生态安全屏障、探索老工业基地绿色低碳转型新模式具有深远的战略意义。本文旨在深入剖析该区域主要生态系统的碳汇机制，明确其固碳潜力的关键来源及主要制约因素，在此基础上，构建释放该潜力的系统性提升路径，从而为该区域制定分类施策、可落地实施的生态系统增汇管理方案提供科学依据和决策支持。

1 哈大齐地区主要生态系统碳汇特征与固碳机理

哈大齐地区生态系统的碳汇功能，建立在各子系统独特的碳循环过程之上，不同生态系统的碳密度、固碳途径及稳定性存在显著差异，其空间分布与碳汇贡献特征如表 1 所示，清晰呈现了哈大齐地区森林、湿地、农田、草地四大生态系统的空间格局，结合实地监测数据标注了各系统单位面积碳储量均值，直观反映出“湿地碳密度最高、森林碳储量最大、农田与草地碳汇潜力可挖”的区域碳汇格局特征。

表1 哈大齐地区生态系统碳汇特征与潜力数据表

生态系统类型	单位面积碳储量 (Mg C/hm ²)	现状碳储量 (Tg C)	潜在碳储量 (Tg C)	固碳提升潜力 (Tg C)
湿地	185 ± 22	89.3	102.6	13.3
森林	102 ± 15	126.5	158.2	31.7
农田	58 ± 8	205.8	278.5	72.7
草地	42 ± 10	68.4	95.3	26.9

数据来源：松嫩平原生态系统监测站 2018–2023 年连续观测结果及 InVEST 模型模拟估算。

森林生态系统是高密度、长周期的稳定碳库，该区域的森林主要分布于山地丘陵区，是陆地生态系统中碳密度最高、碳储存时间最长的类型。森林固碳潜力是反映森林生态价值与经济价值的直观指标。其固碳主要通过乔木、灌木、草本等植被的生物量增长实现，同时凋落物分解和根系周转不断向土壤输送有机碳，形成深厚的土壤碳层。成熟稳定的森林，其碳汇速率可能放缓，但碳储存量巨大且相对稳定，是区域碳汇的“压舱石”，人工林的合理经

营与抚育，则是持续提升森林碳汇能力的关键。

湿地生态系统，尤其是泥炭沼泽和草本沼泽，是重要的“碳汇热点”。在厌氧条件下，植物残体分解缓慢，有机质得以长期积累，形成深厚的泥炭层，使其单位面积碳储量远高于其他生态系统。扎龙等湿地不仅是水鸟天堂，更是重要的地下“碳银行”，但湿地的碳汇功能高度依赖于稳定的水文条件，一旦排水或干旱导致水位下降，厌氧环境破坏，原有的碳库可能加速分解，从“碳汇”转变为“碳源”。

农田生态系统拥有巨大的土壤碳库与可调控的管理碳汇，松嫩平原的黑土有机质含量丰富，其土壤碳库是经过长期自然成土过程积累的宝贵财富。现代农业耕作下，频繁的翻耕、作物收获移走生物量，可能加速土壤有机碳的矿化流失，使农田成为净碳源。而通过实施保护性耕作、秸秆还田、增施有机肥、推行粮豆轮作等科学管理措施，可以有效减少土壤扰动、增加有机物料输入，从而将农田从碳源扭转为碳汇，这是挖掘区域固碳潜力的最广阔领域之一，不同农业管理模式对土壤碳库的影响差异巨大。

草地生态系统作为陆地生态系统的重要组成部分，是恢复中的潜力碳汇，松嫩草原曾是我国重要的牧区，过度放牧、开垦等人为干扰导致了部分草地退化、沙化、盐碱化，使其碳汇功能严重受损。通过实施围栏封育、划区轮牧、人工补播等措施，促进退化草地植被恢复，不仅能增加地上生物量碳，更能通过根系发展和土壤改良，逐步提升土壤有机碳含量，恢复其固碳能力。

2 影响碳汇潜力的主要挑战与风险

在认识潜力的同时，我们必须清醒看到哈大齐地区生态系统碳汇功能面临的严峻挑战，各类胁迫因素对碳汇功能的影响程度及作用很大。其中，人为活动导致的土地利用变化是当前最直接、最剧烈的胁迫因素。其影响主要体现在带来直接碳损失，城镇化和工业用地扩张，不可避免地会侵占周边的优质耕地、林地和湿地。这种土地利用类型的转变，通常意味着地表植被的彻底清除和土壤结构的破坏，导致被封存的碳在短时间内大量释放，且恢复困难。并且生态系统退化导致碳汇功能衰减，森林过伐、草地超载过牧、湿地盲目开垦或水源补给不足等，都会导致生态系统结构与功能的退化，退化生态系统生产力下降，固碳能力减弱，甚至可能因土壤侵蚀、有机质分解加速而成为碳源。

更为严峻的是，上述退化过程与气候变化形成了复杂的反馈循环。气候变化带来不确定性风险，东北地区是全

球气候变化的敏感区, 增温趋势明显。气候变暖对生态系统碳循环的影响具有双重性。一方面, 可能通过延长生长季促进植物光合固碳; 另一方面, 也可能通过增强土壤微生物活性, 加速土壤有机碳的分解矿化, 对土壤碳库稳定性构成威胁。同时, 极端气候事件频率和强度的增加, 会对森林、湿地等生态系统造成冲击, 引发碳的突发性释放。传统农业管理方式带来持续压力, 大面积、连片、高强度的传统翻耕农业模式, 仍然是黑土地保护的巨大挑战, 这种模式不利于土壤有机质的维持和积累, 是导致黑土“变薄、变瘦、变硬”的重要原因, 也持续消耗着宝贵的土壤碳库。

此外, 跨部门协同与管理碎片化也是制约碳汇功能提升的制度性障碍。目前哈大齐地区涉及生态保护与修复的职责分散于林草、农业、自然资源、水利等多个部门, 缺乏统一的碳汇管理与考核机制, 导致政策执行效率低下、项目重叠或遗漏。未来若不能构建跨部门、跨区域的协同治理体系, 即便技术上可行, 碳汇潜力的释放仍将面临体制机制上的制约。

3 固碳潜力的主要来源与释放路径

尽管面临挑战, 哈大齐地区通过科学的自然恢复与积极的人为干预, 仍能释放出巨大的固碳潜力, 固碳潜力主要来源于四个方面: 存量保护潜力, 即严格保护现有高碳储量生态系统, 避免其被破坏或转化, 就是保护了既有的碳库, 防止其从“汇”变“源”, 这是最基本、最有效的固碳策略; 质量提升潜力, 即对现有生态系统进行质量提升, 例如对森林进行科学抚育经营, 优化林分结构, 促进林木生长, 提升单位面积碳储量, 对中轻度退化草地进行改良, 提高植被盖度和生产力, 对功能退化的湿地进行生态补水与植被恢复, 稳定其碳汇功能; 增量创建潜力, 即在适宜的未利用地或退化土地上, 通过人工造林、草地建植、退耕还湿等方式, 创建新的生态系统, 直接增加碳汇面积, 例如在盐碱地、矿山废弃地等开展生态修复, 不仅恢复生态, 也能形成新的碳汇; 管理增强潜力, 这尤其在农田生态系统中意义重大, 全面推广以秸秆还田、免耕少耕、有机肥施用、保护性轮作为核心的黑土地保护性耕作技术体系, 可以显著增加土壤有机碳的输入、减少输出, 使亿亩良田成为可持续的、巨大的土壤碳汇, 这一潜力的实现, 依赖于农业生产方式的根本性变革。在机制创新方面, 可探索建立“哈大齐生态碳汇协同平台”, 整合林业、农业、湿地等碳汇监测数据, 推动形成区域碳汇账户。同时, 鼓励地方政府与企业合作开展碳汇项目开发, 将碳汇

收益反哺于生态修复与社区发展, 形成“修复—监测—交易—再投资”的良性循环。此外, 应积极探索碳汇保险、绿色信贷等金融工具, 降低生态修复与碳汇经营的风险, 提升社会资本参与意愿。

释放上述潜力的核心路径在于“保护、恢复、优化、创新”: 强化空间刚性约束, 在国土空间规划中严格划定并严守生态保护红线、永久基本农田, 控制城镇开发边界, 从源头上遏制对重要碳汇空间的侵占; 推进系统性生态修复, 以山水林田湖草沙一体化保护修复为理念, 谋划和实施区域尺度的重大生态工程, 聚焦森林提质、草原复绿、湿地焕活, 整体提升生态系统的完整性和碳汇功能; 转变土地利用管理方式, 在农业领域, 大力推动黑土地保护性耕作行动, 在林业领域, 从注重造林面积转向注重森林质量与健康, 在城镇领域, 建设高碳汇能力的绿地系统; 创新机制激发内生动力, 探索建立区域生态系统碳汇监测核算体系, 推动符合条件的林业碳汇、湿地碳汇项目参与碳排放权交易市场, 让“绿水青山”的固碳价值转化为“金山银山”的经济收益, 激励政府、企业、农户等多元主体主动参与增汇行动。

4 结语

哈大齐地区作为东北重要的工业走廊与生态复合带, 其生态系统碳汇功能对实现国家“双碳”目标具有不可替代的支撑作用。本研究系统梳理了该区域湿地、森林、农田和草地等主要生态系统的碳汇现状、固碳机理及提升潜力。结果表明, 哈大齐地区固碳潜力显著, 其中湿地单位面积碳储量最高, 森林碳库规模最大, 农田与草地在科学管理下具备可观的增汇空间。尤其是在黑土区推行保护性耕作、粮豆轮作等措施, 可实现农田从碳源向碳汇的转变, 成为区域固碳潜力释放的关键领域。

然而, 该地区碳汇功能也面临土地利用变化、生态系统退化、气候变化以及传统农业生产方式等多重挑战, 这些因素可能削弱甚至逆转生态系统的固碳能力。因此, 未来必须采取系统性策略, 统筹自然恢复与人为调控, 通过存量保护、质量提升、增量创建和管理增强等多维路径, 充分挖掘区域固碳潜能。

为实现这一目标, 建议从以下几方面着手: 一是强化国土空间用途管制, 严守生态保护红线, 遏制对高碳汇生态空间的侵占; 二是实施以自然恢复为主的生态修复工程, 推进山水林田湖草沙一体化治理, 提升生态系统完整性与稳定性; 三是加快农业生产方式绿色转型, 推广保护性耕作与农田增汇技术; 四是建立健全生态产品价值实现机制,

探索碳汇交易与生态补偿,激励多方主体参与增汇行动。

未来应持续开展哈大齐地区碳循环过程的长期定位观测与模拟,量化不同管理措施的固碳成效与经济成本,推动碳汇提升与区域发展协同共进。通过科学规划、持久实施与机制创新,有望将哈大齐地区建设成为生态固碳能力强、经济发展质量高的可持续发展示范区,为我国东北老工业基地绿色转型与碳中和目标实现提供实践范例。

参考文献:

[1] 王宝强,陈琦,张艺宣等.生态—经济社会系统耦合视角下苏州市碳汇绩效评估与对策建议[J].长江流域资源与环境,2025,34(11):2433-2444.

[2] 周榕基,廖彪,吴思斌等.“双碳”背景下水稻生产净碳汇时空演变及驱动因素分析——以湖北省地级市为例[J/OL].中国农业资源与区划,1-14[2026-01-28].20251021.1625.043.

[3] 刘镇杭,池源,张智玮等.基于承载力—适宜性的海洋碳汇功能分区理论、技术与应用导向[J/OL].生态学报,2026,(02):1-14[2026-01-28].202503060492.

[4] 王京伟,吴康佳.基于多模型耦合的山西省土地利用与生态系统碳储量时空分异与驱动机制[J].环境科学研

究,2025,38(12):2769-2782.2025.09.19.

[5] 石柳,方丹云,陈丹丹等.森林碳汇对经济高质量发展的影响及其空间溢出效应——基于长江经济带107个城市的实证分析[J].经济地理,2025,45(12):208-218.2025.12.021.

[6] 谢贤健,黄安.基于LUCC的四川省碳排放和生态系统服务价值时空关系[J].长江流域资源与环境,2025,34(10):2352-2365.

[7] 汪宗顺,周丽,张寒等.中国森林管理碳汇潜力分析——基于社会最优轮伐期决策视角[J].农业技术经济,2025,(09):4-20.2025.09.006.

[8] 石柳,方丹云,陈丹丹等.森林碳汇对经济高质量发展的影响及其空间溢出效应——基于长江经济带107个城市的实证分析[J].经济地理,2025,45(12):208-218.

基金项目:课题名称:2024年大庆市哲学社会科学规划研究青年项目,项目名称:哈大齐地区生态系统碳汇固碳潜力研究,项目编号:DSGB2024174。

作者简介:赵宇(1996.06-),女,汉族,辽宁省鞍山市,研究生学历,讲师,专任教师,研究方向:能源管理方向。