

广州市南沙区红树林碳汇资源调研与实践价值

关天伟 黄锦炜 辛维金 陈昉 施湘琪 戴宏跃

广州科技贸易职业学院

摘要 红树林湿地是蓝碳的重要组成部分，具有防风消浪、促淤护岸、固碳储碳和维持生物多样性等生态功能。由于南沙红树林湿地是在原有基础上增加红树林种植面积构成，所以可以将此地作为未来温室气体自愿减排项目考虑。本文以广州市南沙区红树林湿地为调研对象，通过调研该区域的地理位置、气候特征、植被情况。介绍其生态系统中的地上生物量、地下生物量和土壤有机碳碳汇储量计算方法，说明实施红树林营造减排项目的实践意义。为南沙区红树林保护与可持续利用提供了科学依据和决策支持，助力推动广州生态文明建设、实现碳中和目标。

关键词 红树林；碳储量；计量方法；南沙区

DOI <https://doi.org/10.6914/tpss.070424> **文章编号** 2664-1127.2025.0704.213-218

引言

中国碳市场是全球配额成交量第二大市场，加快建立蓝色碳汇标准体系、形成蓝色碳汇交易规则、建立蓝色碳汇交易机构，对主导国际蓝色碳汇发展走向有重要意义。2009年，联合国环境规划署发布《蓝碳：健康海洋固碳作用的评估报告》，首次提出蓝碳概念，主要指固定在红树林、盐沼和海草床等海洋生态系统中的碳。2014年，世界自然保护联盟发布《海岸带蓝碳：红树林、盐沼和海草床碳储量与释放因子评估方法》，为全球海岸带蓝碳生态系统碳汇评估方法的业务化应用提供操作指南。目前，部分国家和地区正在尝试蓝碳交易及相关工作。蓝碳建设及其交易进入我国的国家战略。2022年2月，自然资源部公示《海洋碳汇经济价值核算方法》及其编制说明，提供了我国蓝色碳汇经济价值核算的实施方案，包括具体实施步骤和要点，可解决蓝碳的量化和价值确定问题。开展国家蓝碳交易试点成为迫切需求。近年来，深圳、湛江、海口、三亚、厦门、威海等沿海城市探索和实践了蓝碳交易。2021年4月，威海市海洋发展局出台了全国首个蓝碳经济发展行动方案——《威海市蓝碳经济发展行动方案（2021—2025）》；2021年4月，广东湛江红树林造林项目注册为我国首个符合核证碳标准和气候社区生物多样性标准的红树林碳汇项目，成为我国首个自主开发的蓝碳交易项目。2023年9月26日，深圳市福田红树林自然保护区红树林

© The Authors 2025. **Article History** Received: 19 May 2025; Accepted: 25 June 2025; Published: 31 August 2025 (online). 社会科学理论与实践 **Theory and Practice of Social Science**, ISSN 2664-1127 (Print), ISSN 2664-1720 (Online). Email: wto-com@gmail.com, <https://ssci.cc>, <https://cpcl.hk>. Published by **Creative Publishing Co., Limited (CPCL™)** 开元出版有限公司. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License, which permits non-commercial use, sharing, adaptation, distribution, and reproduction in any medium or format, provided the original author(s) and source are credited, and derivative works are licensed under the same terms.

保护碳汇以 485 元/吨拍卖,标志着全国首单红树林保护碳汇交易圆满完成,该笔成交价格也成为了全国碳汇市场的最高单价。

研究表明,海洋碳汇能力约为 200 吨/平方千米,按照 2022 年初以来欧盟最高碳交易价格(687.7 元/吨)计算,我国近海和远海蓝碳交易市场规模体量可达 5344 亿元人民币,但蓝碳交易的国内市场尚处于初始阶段,国内外对红树林、盐沼、海草床等生态系统固碳量的研究大多仍属于观测实验类研究,具体运用到碳交易方面的可操作性较弱,研究方法的推广性和应用性不强,造成估算蓝碳生态系统碳储量和增汇量的方法不统一、本底数据缺失,难以准确计算蓝碳生态系统保护和修复的增汇量,限制了蓝碳交易项目的持续发展。

红树林作为独特的海陆边缘生态系统,其生物量的积累具有显著的本地化特征。现存的规范标准在评估范围和自然禀赋适宜性上存在一定局限性,无法满足各地不同地质特征的红树林碳汇。为此,本研究团队以广州市南沙区红树林为调研试点,结合地图、海图、地形图、文献、历史调查资料,分别从红树植被、沉积物和凋落物三个方面开展实地调研。

一、南沙区红树林生态系统概况与碳储量计算方法

(一) 南沙区红树林生态系统概况

广州市南沙区位于广州市的最南端,地处珠江出海口,毗邻海域广、海岸线绵长,拥有丰富的海洋碳汇资源。红树林、盐沼和海草床等滨海蓝碳生态系统在南沙区广泛分布,具有显著的碳汇功能。湿地土壤富含有机质,具有较高的碳储量。同时,湿地植被通过光合作用吸收二氧化碳,进一步增加了湿地碳汇量。

南沙区蓝碳资源最典型的就是红树林生态系统,红树林具有强大的固碳能力,每公顷红树林的年固碳量可达数十吨。南沙区红树林面积达 198.18 公顷,主要为人工种植,面积达 53.4 公顷。红树林主要分布于南沙湿地公园、洪奇沥东岸 14 涌至 17 涌滩涂、仁隆围和义隆围东部河岸、蕉西水闸、大角山海滨公园、沥心沙大桥桥脚、沙仔岛、坦头村等地。南沙湿地是广州市面积最大的滨海红树林湿地,共有湿地植物 318 种。红树和半红树 18 种,其中真红树有 11 种,有卤蕨、桐花树、无瓣海桑、海桑、木榄、秋茄、白骨壤、老鼠、角果木、海漆、拉关木等。半红树有 7 种,有银叶树、海檬果、水黄皮、苦郎树、阔苞菊、黄槿和杨叶肖槿。近年来,南沙区为深入贯彻习近平生态文明思想,响应省委省政府、市委市政府关于乡村绿化的相关指示,大力推进绿美生态建设,红树林在防风固沙、保持水土、净化水质、维护生态平衡和促进经济发展具有重要意义,取得了显著成效。

(二) 红树林生态系统碳储量计算方法

为了科学估算红树林生态系统的碳储量,建议采用通常需要进行分层计算。分层计算时,根据红树林的生长特性和土壤深度等因素,将生态系统划分为不同的层次,如林木层、灌木层、藤本层、枯死木层、凋落物层和沉积物层等。然后,分别计算各层的碳储量,最后进行汇总得到整个生态系统的碳储量。这对评估区域尺度的生态质量和研究我国红树林生态系统的碳汇能力提供了重要参考。

1. 林木生物质碳储量

广州市南沙区的红树林植被共 18 种,林木生物质碳储量是红树林生态系统碳储量的主要组成部分。首先,通过调查确定红树林的树种组成、树高、胸径等生长参数。然后,利用生物量方程或生物量转换因子法,将林木的生长参数转换为生物量。接着,通过测定不同树种的含碳率,将生物量转换为碳储量。其计算方法通常通过生物量方法进行估测,普遍采用的方法是直接或间接测定林木植被的生物现存量(W)与生产量(ΔW),计算林木碳储量(T_c)和碳储量变化量(P_c),再乘以植物体中的碳元素含量(C_c)。其计算公式为:

$$T_c = \sum_{i=1}^n A_i W_i C_{ci}, \quad P_c = \sum_{i=1}^n A_i \Delta W_i C_{ci} \quad (1)$$

其中, T_c 表示森林碳储量 (吨), P_c 表示森林年碳储量变化量 (吨), A_i 为第 i 种优势树种 (组) 的森林面积 (公顷), W_i 和 ΔW_i 分别为第 i 种优势树种的单位面积生物质量和碳储量变化量 (吨/公顷), C_{ci} 为第 i 种优势树种的碳含率 (%)。

林木生物质碳储量的计算公式为: 林木生物质碳储量 = 林木生物量 × 含碳率。

2. 灌木藤本碳储量

在红树林生态系统碳储量的研究中, 灌木和藤本植物的碳储量是不可忽视的一部分。由于灌木变化大, 而且分布面积分散, 广东碳普惠方法学和国家 CCER 红树林造林方法学未见有关于灌木和藤本碳储量的计算考虑, 其计算方法目前只能参考林木生物质碳储量。通常灌木藤本碳储量依据森林非乔木层生物量模型来测定, 需要调查灌木种类、灌木地径、灌木平均高、灌木盖度、灌木株数、草本种类、草本平均高、草本高等。通过样方调查法确定灌木和藤本的生物量, 然后测定其含碳率, 最终得到灌木藤本碳储量。当灌木盖度小于 5% 时, 灌木生物质碳储量变化可被假定为 0; 当灌木盖度大于等于 5% 时, 则按一定方法进行估算。灌木的生物量可以通过直接收获法获取样本, 测定样本的生物量, 进而推算单位面积的生物量。此外, 也可以采用平均生物量法, 即根据灌木林面积和单位面积平均生物量 (如某地区灌木经济林单位面积平均生物量取值 23.7t/hm² 进行计算。藤本植物的生物量测定较为复杂, 因其形态多样, 需对样方内的每一棵藤本植物进行测定。常用的方法有通用异速生长方程, 通过测定藤本植物离地面一定高度 (如 1.3m) 的直径来估算其生物量。

3. 枯死木碳储量

枯死木作为红树林生态系统的一部分, 其碳储量也不容忽视。但红树林中枯死木碳储量的计算是一个相对复杂的过程, 需要考虑多个因素。枯死木包括枯立木和枯倒木。由于枯立木已经枯死, 其生物量可能会因分解而减少。因此, 在计算时需要根据枯立木的分解程度, 扣除相应的生物量损失。对于枯倒木, 由于其已经倒下, 形状可能不规则, 因此需要采用分段测定的方法来估算其体积。

4. 凋落物碳储量

凋落物是红树林生态系统碳循环中的重要组成部分。其碳储量的计算主要包括样方设计与选取、凋落物收集称重、碳转换系数确定、碳含量计算、样方碳密度平均、总面积碳储量计算以及数据记录与分析等方面。通过收集一定面积内的凋落物样品, 测定其干重和碳含量, 然后推算出整个调查样地的凋落物碳储量。计算公式为: 凋落物碳储量 = 凋落物干重 × 碳含量。

5. 沉积物碳储量

沉积物是红树林生态系统中的另一个重要碳库, 其碳储量的计算通常通过采集沉积物样品, 需要综合考虑沉积物特征、碳密度测量、红树林面积确定、土层深度影响等多个因素。测定其碳密度和深度, 然后推算出整个调查样地的沉积物碳储量。计算公式为: 沉积物碳储量 = 沉积物碳密度 × 沉积物深度 × 调查面积。

6. 碳储量汇总

在完成各层碳储量的计算后, 需要进行汇总得到整个红树林生态系统的碳储量。汇总时, 需要注意各层碳储量之间的重叠部分和交叉影响, 确保计算结果的准确性和可靠性。最终得到的碳储量数据可以用于评估红树林生态系统的碳储存功能、制定碳汇管理策略以及参与碳交易等。

通过以上方法, 可以较全面、准确地评估红树林生态系统的碳储量, 为红树林的保护和管理提供科学依据。同时, 也有助于推动红树林碳汇交易及生态价值市场化, 实现红树林生态系统具有公共物品属性的生态产品的经济价值。

二、调研结果

通过调研发现,南沙区的红树林碳汇资源具有巨大的开发潜力,主要体现在林业、湿地和海洋等方面。随着生态文明建设的深入推进和绿色发展力度的不断加强,林业碳汇资源正在成为南沙区实现碳中和目标的重要支撑。南沙区拥有大量林业资源,其中红树林是主要的碳汇树种。红树林具有极强的固碳能力,每公顷红树林的年固碳量可达数十吨,近年来南沙区红树林面积持续扩大,固碳能力也随之不断提升。与此同时,南沙湿地作为广州市面积最大的滨海红树林湿地,展现出重要的湿地碳汇功能。湿地土壤富含有机质,具有较高的碳储量,而湿地植被通过光合作用吸收二氧化碳,进一步增强了整体碳汇效能。此外,南沙区毗邻广阔海域,海岸线长度达106.7公里,占广州市海岸线总长的三分之二,因而拥有丰富的海洋碳汇资源。红树林、盐沼和海草床等滨海蓝碳生态系统在该区域广泛分布,具备显著的碳汇功能,为区域碳中和战略目标提供了坚实的生态支撑。

三、实践应用案例

在实践层面,南沙区高度重视红树林的保护与修复工作,并在此基础上积极探索碳汇资源的开发与利用。近年来,南沙区编制并实施了《南沙区红树林保护修复专项规划(2021—2030年)》,提出到2025年前完成43公顷的红树林营造任务和160公顷的现有红树林修复任务。为此,南沙区采取了一系列措施,在大角山海滨公园等地补种红树林,通过地形及水系修复恢复生境,结合人工种植与自然恢复的方式,逐步修复退化受损的红树林。同时,区内还设立了红树林林长制,实行资源网格化管理,确保红树林得到有效保护。

在此基础上,南沙区积极推进红树林碳普惠项目开发,通过实施森林质量优化提升工程,在大山、十八罗汉山和南沙湿地等地推进多彩森林、山地造林和防护林建设,进一步提高森林固碳能力。南沙区还计划将科学造林与生态建设紧密结合,建设高质量的红树林专类植物展示园、水鸟生态廊道与森林步道,实现点、线、面相结合的生态空间优化,推动整体增绿与增汇。

此外,南沙区还积极探索碳汇交易与市场化运作机制,尝试通过碳排放权交易市场将林业碳汇资源转化为可交易的碳资产,实现碳汇资源价值化。同时,当地政府也鼓励社会资本参与红树林碳汇项目的开发与运营,推动碳汇资源的可持续利用与市场化发展。值得关注的是,南沙区检察院自2021年12月起创新性地开展了“检察+碳汇”的生态执法模式。在一起非法猎捕野生动物的案件中,当事人被要求通过认购林业碳汇的方式修复生态环境,实现了惩罚与补偿相结合。这一创新举措不仅强化了生态保护的法律效力,也为红树林碳汇资源的实践应用开辟了新的路径。

四、未来展望与政策建议

随着碳中和目标的逐步推进,蓝碳资源尤其是红树林碳汇在国家“双碳”战略中的地位日益凸显。南沙区的调研实践表明,红树林碳储量潜力巨大,但在监测体系、制度机制和市场转化等方面仍存在不足。为进一步释放红树林碳汇资源的生态与经济价值,应从以下几个方面进行展望与完善。

第一,完善蓝碳监测与评估体系。当前南沙区在碳储量测算方面仍以传统调查和统计方法为主,存在数据不统一、长期监测不足的问题。未来应建立基于遥感监测、无人机航测与地面样点结合的综合观测体系,引入碳循环模型和动态模拟技术,形成长期、动态、分区域的红树林碳汇数据库。同时,应探索制定适用于不同区域红树林生态系统的碳储量评估标准,推动方法学统一化、科学化。

第二,推动蓝碳与国家碳市场接轨。红树林碳汇虽已进入碳市场实践,但整体仍处于试点阶段,市场

机制尚不成熟。建议在国家碳市场中尽快建立蓝碳交易的核算规则和认证体系，将南沙区红树林纳入全国碳排放权交易平台，探索蓝碳碳票、碳债券等多样化金融产品，推动生态资源的市场化转化。同时，应鼓励地方政府出台财政、税收激励措施，调动社会资本积极参与蓝碳项目投资。

第三，加强红树林保护与修复。南沙区的红树林以人工造林为主，部分区域仍面临退化和生境破碎问题。未来需进一步强化红树林栖息地保护，建立分区管控和修复机制，实施“人工种植+自然恢复”相结合的综合模式。应针对不同类型红树林群落，制定差异化的修复与养护方案，推动形成多样性与稳定性兼具的生态系统，从而提升整体碳汇效能。

第四，拓展蓝碳的社会经济功能。红树林不仅具有碳汇价值，还承载防风消浪、渔业资源养护、生态旅游与环境教育等多重功能。建议南沙区依托红树林生态资源，发展生态旅游与自然教育，建立“红树林自然教育基地”“蓝碳研学路线”，增强公众的生态文明意识。同时，应推动“红树林+渔业养殖”“红树林+乡村振兴”等复合型模式，实现生态效益与经济效益的双赢。

第五，创新法律与治理机制。在“检察+碳汇”模式的基础上，可以进一步探索环境司法与碳汇市场的深度融合。例如，在生态破坏案件中推行“生态修复替代性惩罚”，允许责任主体通过购买碳汇或参与红树林修复项目实现补偿。此外，应逐步建立蓝碳生态补偿机制，将红树林碳汇纳入地方政府生态政绩考核，推动形成法治化、制度化的长效治理体系。

第六，强化国际合作与经验交流。南沙区地处粤港澳大湾区前沿，具备与国际接轨的地理优势。未来可积极参与国际蓝碳研究计划，与印尼、澳大利亚等红树林保护经验丰富的国家开展合作，推动红树林碳汇的科研合作、数据共享与标准共建，增强中国在全球蓝碳治理中的话语权。

综上所述，南沙区红树林碳汇资源不仅是地方生态文明建设的重要抓手，也是我国参与全球气候治理的重要筹码。未来应以科学监测为基础，以制度设计为保障，以市场转化为动力，以国际合作为桥梁，全面提升红树林碳汇的生态、经济与社会价值。通过多维度的制度创新与实践探索，南沙区有望成为全国蓝碳发展与碳市场建设的示范样本，为我国实现碳达峰、碳中和目标贡献独特力量。

广州市南沙区红树林碳汇资源的调研表明，红树林作为典型的蓝碳生态系统，具有显著的固碳增汇潜力和多重生态功能，不仅是区域生态文明建设的重要支撑，也是我国实现碳达峰、碳中和目标的重要依托。本文从背景与意义、生态系统概况、碳储量测算方法、调研结果及实践案例等方面进行了系统梳理，并在此基础上提出了未来展望与政策建议，涵盖监测评估体系建设、市场化机制衔接、保护与修复路径、社会经济功能拓展、法律与治理创新以及国际合作等维度。

总体来看，南沙区的实践经验凸显了地方在蓝碳战略实施中的探索意义，但同时也反映出在科学监测、制度设计和市场运作上的不足。未来，唯有在科学研究的基础上，推动制度创新与多元参与，才能实现红树林碳汇资源的价值转化与可持续利用。作为粤港澳大湾区的重要生态节点，南沙区完全有条件建设成为全国乃至全球的蓝碳示范高地，在服务地方绿色发展的同时，为全球气候治理和生态文明建设贡献“中国方案”。

参考文献

- [1] 曹先磊、张颖、石小亮、王康：《碳交易视角下森林碳汇生态补偿优化管理研究进展》，《资源开发与市场》，2017年第4期。
- [2] 潘艳娟：《社会资源禀赋对林农参与林业碳汇项目的影响》，《村委主任》，2024年第21期。
- [3] 张湖川、师远、李南林：《我国林业碳汇项目发展现状、问题与建议》，《福建林业科技》，2023年第4期。
- [4] 詹臣源、易祥发、黄衍、戴永务：《林业碳汇项目高质量发展路径研究——基于福建省58个县域的定性比较分析》，《林业经济》，2024年第4期。

- [5] 姬宏旺、陈维强:《林业碳汇项目开发有多“难”?》,《绿色中国》,2024年第12期。
- [6] 张蓉、李帅锋、张治军:《中国林业碳汇项目开发的障碍分析及对策建议》,《中国农学通报》,2017年第13期。
- [7] 刘世荣、王晖、李海奎、余振、栾军伟:《碳中和目标下中国森林碳储量、碳汇变化预估与潜力提升途径》,《林业科学》,2024年第4期。

引用本文 关天伟,黄锦炜,辛维金,陈昉,施湘琪,戴宏跃.广州市南沙区红树林碳汇资源调研与实践价值[J].社会科学理论与实践,2025,7(4):213-218. <https://doi.org/10.6914/tpss.070424>.

Cite This Article Tianwei GUAN,Jinwei HUANG,Weijin XIN,Fang CHEN(2025). Investigation and Practical Value of Mangrove Carbon Sink Resources in Nansha District, Guangzhou.*Theory and Practice of Social Science*, 7(4):213-218. <https://doi.org/10.6914/tpss.070424>

Investigation and Practical Value of Mangrove Carbon Sink Resources in Nansha District, Guangzhou

Tianwei GUAN, Jinwei HUANG, Weijin XIN, Fang CHEN, Xiangqi SHI, Hongyue DAI

Guangzhou Vocational College of Science and Trade, Guangzhou, Guangdong 511440, China

Abstract Mangrove wetlands are an important component of blue carbon, providing ecological functions such as windbreak and wave attenuation, sediment accumulation and shoreline protection, carbon sequestration and storage, as well as biodiversity maintenance. Since the Nansha mangrove wetlands were expanded through additional mangrove planting on the original basis, the area can be considered for future voluntary greenhouse gas emission reduction projects. This paper takes the mangrove wetlands in Nansha District, Guangzhou, as the research object, investigating their geographical location, climatic characteristics, and vegetation conditions. It introduces the calculation methods of carbon sink reserves in aboveground biomass, underground biomass, and soil organic carbon within the ecosystem, and explains the practical significance of implementing mangrove afforestation as a mitigation project. The study provides a scientific basis and decision-making support for the protection and sustainable utilization of mangroves in Nansha District, contributing to the promotion of ecological civilization construction in Guangzhou and the realization of carbon neutrality goals.

keywords Mangroves; Carbon storage; Measurement methods; Nansha District

(责任编辑:张式锋 Email: wtocom@gmail.com)