

# 兰坪县林业碳汇开发的探讨

晋玉<sup>1</sup> 程静君<sup>2</sup> 寇卫利<sup>3,\*</sup>

1. 云南省陈勇专家工作站, 西南林业大学 林学院, 中国·云南 昆明 650224

2. 云南省兰坪县林业和草原局, 中国·云南 兰坪 671400

3. 西南林业大学大数据与智能工程学院, 中国·云南 昆明 650224

**摘要:** 在全球气候变化和“双碳”战略背景下, 林业碳汇成为民族地区生态价值实现与绿色发展的关键。本文依托云南省兰坪县实测数据, 分析其林业碳汇现状及碳储量, 探讨碳汇市场机制与开发问题, 并提出开发对策。结果显示, 兰坪县森林覆盖率达 68.43%, 碳储量 949.09 万吨, 具备显著碳汇潜力, 但面临认证壁垒、监测成本高及产权分配难题三大挑战。为此, 构建“政策-技术-市场”三维协同框架, 提出集体林权三权分置改革、高山网格化 MRV 体系建设及“碳汇+民族文化”融合模式, 打造可复制的解决方案, 促进山区县域碳汇开发, 助力国家“双碳”目标实现与民族地区乡村振兴协同发展。

**关键词:** 林业碳汇; 碳市场; 碳储量; MRV 系统; 兰坪县

## Exploration of Forestry Carbon Sequestration Development in Lanping County

Jin Yu<sup>1</sup>, Cheng Jingjun<sup>2</sup>, Kou Weili<sup>3,\*</sup>

1. Chen Yong Expert Workstation of Yunnan Province, College of Forestry, Southwest Forestry University, China Yunnan Kunming 650224

2. Forestry and Grassland Bureau of Lanping County, Yunnan Province, China Yunnan Lanping 671400

3. College of Big Data and Intelligent Engineering, Southwest Forestry University, China Yunnan Kunming 650224

**Abstract:** Against the backdrop of global climate change and the "Dual Carbon" strategy, forestry carbon sequestration has emerged as a key driver for realizing ecological value and achieving green development in ethnic regions. This study leverages field data from Lanping County, Yunnan Province, to analyze its current forestry carbon sequestration status and carbon storage, explores challenges in carbon market mechanisms and development, and proposes actionable solutions. The results indicate that Lanping County boasts a forest coverage rate of 68.43% and a carbon storage capacity of 9.4909 million tons, demonstrating significant carbon sequestration potential. However, it faces three major challenges: certification barriers, high monitoring costs, and unclear property rights allocation. To address these, a tripartite "Policy-Technology-Market" collaborative framework is proposed, featuring: (1) collective forest tenure reform via the "Separation of Three Rights" system, (2) a high-altitude grid-based MRV (Monitoring, Reporting, Verification) system, and (3) an integrated "Carbon Sequestration + Ethnic Culture" model. These solutions aim to create replicable strategies for promoting carbon sequestration development in mountainous counties, simultaneously advancing national "Dual Carbon" goals and rural revitalization in ethnic regions.

**Keywords:** Forestry carbon sequestration; Carbon market; Carbon storage; MRV system; Lanping County

## 0 引言

全球气候变化带来的环境问题日益严峻, 减少温室气体排放已成为国际社会的紧迫任务。据《自然》期刊研究显示, 2010-2016 年中国陆地生态系统年均吸收约 11.1 亿吨碳, 占同期人为碳排放的 45%<sup>[1]</sup>。中国在“双碳”目标引领下, 将林业碳汇视为实现碳中和的关键路径之一。云南省作为中国生物多样性宝库, 森林覆盖率居全国前列, 而兰坪县凭借 68.43% 的森林覆盖率和垂直气候带资源, 成

为滇西北碳汇开发战略重点。随着 2023 年 CCER (国家核证自愿减排量) 机制重启, 林业碳汇项目开发迎来重大机遇, 但也面临额外性要求和林地类型限制等挑战<sup>[2][3]</sup>。

本研究通过挖掘白族、普米族传统生态智慧, 将其融入林业碳汇项目开发, 构建“碳汇+文化标识”产品体系, 不仅能提升项目的文化内涵和独特性, 还能促进民族文化的传承与发展<sup>[4]</sup>。同时为少数民族聚居区提供生态资源转化模板, 助力乡村振兴与碳中和目标协同推进。

1 兰坪县林业资源概况与碳汇潜力分析

1.1 地理生态特征与林业资源现状

兰坪县位于云南省西北部怒江傈僳族自治州，地处横断山脉纵谷区，依托碧罗雪山、云岭山脉生态资源，立体气候特征显著。海拔跨度 2000–4300 米范围内分布河谷亚热带至寒温带植被，年均降水量 1200mm，这种独特的地理和气候条件适宜多种森林类型发育。森林覆盖率达 68.43%，丰富的森林资源为碳汇积累提供了优越条件，也使得兰坪县成为重要的生态屏障和碳汇基地。据 2024 年兰坪县林草局最新普查数据，县域林地面积增至 34.5 万公顷<sup>[5]</sup>。主要树种以云南松、高山栎、华山松、云杉、冷杉为主，这些树种生长周期长、固碳能力强<sup>[6]</sup>。境内有云岭省级自然保护区，保存有喜马拉雅红豆杉、云南榧等珍稀树种，具有极高的生态价值和科研价值。

1.2 碳储量测算与空间分布

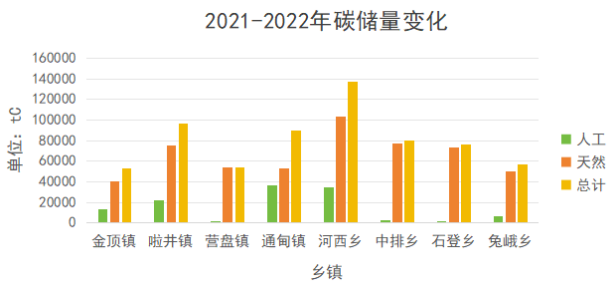


图1 兰坪县2021–2022年各乡镇乔木林碳储量变化

依据理论数据计算兰坪县乔木林 2021 年碳储量及 2021–2022 年碳储量变化（见图 1）。兰坪县 2021 年乔木林面积为 290781.70 公顷，其中，人工林面积为 53450.99 公顷，天然林面积为 237330.71 公顷。兰坪县 2021 年乔木林碳储量为 13993004.94tC，其中，人工林碳储量为 1969958.02tC，天然林面积为 12023046.92tC。兰坪县 2021–2022 年乔木林碳储量变化为 643677.23tC，其中，河

西乡碳储量变化最高，为 137601.15 tC，金顶镇碳储量变化最低，为 53089.37tC。主要集中在通甸镇、河西乡、啦井镇和金顶镇。

根据 2023 年云南省林科院样地监测数据，采用综合碳储量模型：

总碳储量 = 乔木林 × 28.3 吨 /ha + 灌木林 × 8.5 吨 / ha + 特殊栖息地 × 32.5 吨 /ha

★注：灌木林碳密度参考《IPCC 湿地指南》<sup>[7]</sup> 高山灌丛均值

估算兰坪县森林碳储量约为 949.09 万吨。其中，地上生物量占比最大，土壤和枯落物碳储量次之。这表明兰坪县森林在碳汇方面发挥着重要作用，且中幼龄林占比超 60%，随着森林的生长，未来碳汇能力还有很大的提升空间。

从乡镇乔木林碳储量分布来看（见表 1），河西乡碳储量最高，为 2759048.05 tC，其次为啦井镇，碳储量为 2109011.58 tC，金顶镇碳储量最低，为 1028523.09 tC；从乡镇乔木林碳密度来看，河西乡碳密度最高，为 67.75 tC/公顷，其次为石登乡，碳密度为 56.62 tC/公顷，金顶镇碳密度最低，为 36.47 tC/公顷。

2 兰坪县林业碳汇开发现状与制约因素

2.1 项目开发现状与市场参与度

当前兰坪县林业碳汇项目呈现“小规模、多类型、低效益”特征。兰坪县现有林业碳汇项目多为生态公益林建设、退耕还林、人工造林、滇西北水源涵养及生物多样性保护项目，重点解决山区生态环境脆弱问题。目前参与主体以政府主导的公益项目为主，民营企业参与度低。

（1）澜沧江流域防护林碳汇项目：已完成 PDD 设计，预计年碳汇量 5.2 万吨。该项目采用 CCER-14-001-V01 方法学<sup>[2]</sup>，实现了流域生态修复与碳汇协同发展，具有重

表1 兰坪县碳储量及碳密度统计表

单位：公顷、tC、tC/公顷

| 市   | 乡镇  | 面积       |           |           | 碳储量        |             |             | 碳密度   |       |       |
|-----|-----|----------|-----------|-----------|------------|-------------|-------------|-------|-------|-------|
|     |     | 人工       | 天然        | 小计        | 人工         | 天然          | 小计          | 人工    | 天然    | 小计    |
| 兰坪县 | 金顶镇 | 5819.93  | 22379.06  | 28198.99  | 213306.16  | 815216.93   | 1028523.09  | 36.65 | 36.43 | 36.47 |
|     | 啦井镇 | 11483.54 | 26526.58  | 38010.12  | 370287.27  | 1738724.32  | 2109011.58  | 32.25 | 65.55 | 55.49 |
|     | 营盘镇 | 258.71   | 30519.15  | 30777.86  | 4070.17    | 1326140.54  | 1330210.71  | 15.73 | 43.45 | 43.22 |
|     | 通甸镇 | 13732.70 | 22237.89  | 35970.59  | 612830.66  | 1120092.10  | 1732922.76  | 44.63 | 50.37 | 48.18 |
|     | 河西乡 | 10796.95 | 29924.86  | 40721.81  | 573860.08  | 2185187.97  | 2759048.05  | 53.15 | 73.02 | 67.75 |
|     | 中排乡 | 1648.04  | 43215.98  | 44864.02  | 49761.63   | 1832950.39  | 1882712.01  | 30.19 | 42.41 | 41.96 |
|     | 石登乡 | 1335.93  | 31181.72  | 32517.65  | 34062.55   | 1807122.09  | 1841184.64  | 25.50 | 57.95 | 56.62 |
|     | 兔峨乡 | 4350.22  | 29296.57  | 33646.79  | 111626.07  | 1196856.19  | 1308482.26  | 25.66 | 40.85 | 38.89 |
|     | 合计  | 49426.02 | 235281.81 | 284707.83 | 1969804.58 | 12022290.53 | 13992095.11 | 39.85 | 51.10 | 49.15 |

要的生态和社会效益。

(2) 中金公益生态碳汇林项目: 2022 年启动, 种植云杉、冷杉混交林 1053.6 亩。该项目旨在重建滇金丝猴栖息地及生物多样性廊道, 兼具碳汇与生态修复功能, 对于保护珍稀物种和维护生态平衡具有重要意义<sup>[8]</sup>。

## 2.2 结构性制约因素分析

在少数民族地区的碳汇项目推进中, 面临着多重挑战<sup>[9]</sup>。由于少数民族语言障碍, 碳汇技术培训覆盖率不足 30%, 导致当地居民难以有效理解和掌握相关技术与知识; 同时, 缺乏完善的监测、报告和核证 (MRV) 体系, 无法准确评估森林碳汇量, 严重影响项目的科学性和可信度。此外, 地方政府尚未出台碳汇收益分配细则, 市场机制不健全, 经济激励不足, 使企业投资顾虑增大, 企业和社会资本参与积极性不高<sup>[10]</sup>。在高山地形条件下, MRV 的监测成本比平原地区高出约 30%, 成本与收益倒挂严重制约项目的盈利能力和可持续发展。再加之缺乏专业碳汇评估与管理人才, 项目在设计、监测与交易等关键环节均难以获得有效支持, 难以保障项目的高效运作和高质量发展。

## 3 兰坪县林业碳汇开发策略

### 3.1 制度创新: 构建多元协同的政策保障体系

#### 3.1.1 集体林权制度改革

实施“三权分置”的碳汇专项试点。落实林地经营权流转登记制度, 参考《深化集体林权制度改革方案》要求建立“碳汇收益监管账户”<sup>[11]</sup>。通过合理的利益分配机制, 保障农户的合法权益, 提高企业参与项目的积极性, 同时增强项目的抗风险能力<sup>[12]</sup>。

#### 3.1.2 地方立法与招商引资

制定《兰坪县林业碳汇管理办法》<sup>[13]</sup>, 界定碳汇产权归属及交易规则, 明确各方权利和义务。衔接《澜沧江流域生态保护条例》<sup>[14,15]</sup>, 将滇金丝猴栖息地修复纳入碳汇项目范畴, 通过法律手段规范林业碳汇开发行为, 促进生态保护与碳汇开发的协同发展。引进资金雄厚的国有企业或中央企业, 成立兰坪县林业碳汇项目开发公司, 负责项目整体开发、搭建碳汇交易平台, 与云南省林业调查规划院开展兰坪县碳储量调查和监测, 并承担前期开发费用, 县政府负责提供项目资料。

### 3.2 技术突破: 构建适应高山地形的碳汇监测体系

MRV 体系优化: 采用“北斗网格化监测 + 人工样地”模式, 替代高成本无人机方案。该模式利用北斗定位系统的高精度定位功能, 结合人工样地调查, 既能保证监测数据的准确性, 又能降低监测成本, 提高监测效率。

民族地区专项: 编写双语《碳汇计量手册》, 培养双语护林员 60 名, 破解技术推广障碍。通过本地化的技术资料和专业人才培养, 使碳汇技术更易于被当地居民理解和接受, 提高技术推广效果。

人才培养: 与高校、科研机构共建“滇西北碳汇实验室”, 培养专业技术人才, 开展适生固碳树种筛选。引入科学的碳储量监测和评估技术, 建立健全的林业碳汇数据库, 为项目开发提供准确数据基础。

### 3.3 模式创新: 构建“碳汇 +”的多元价值实现路径<sup>[16,17]</sup>

#### 3.3.1 探索“碳汇 +”融合发展路径

(1) 碳汇 + 民族生态文化: 联动少数民族传统, 开发民族文化碳汇标识产品生态旅游。深入挖掘当地少数民族文化内涵, 将其与碳汇理念相结合, 打造具有独特文化魅力的碳汇产品和旅游线路。依托兰坪县雪邦山、碧罗雪山等生态资源, 设计罗古箐一大羊场生态走廊碳中和旅游线路。

(2) 碳汇 + 绿色林产: 在碳汇林区重点发展云黄连、当归、重楼、天麻、茵陈、羊肚菌等林下药材、食用菌种植, 形成“固碳—增收”双赢模式。通过发展绿色林产, 实现生态保护与经济发展的有机结合, 提高林农的收入水平。

#### 3.3.2 建立“政府引导 + 企业主导 + 农户入股”的三方合作模式

政府提供土地政策支持与碳汇开发配额, 制定优惠政策, 优化营商环境, 为项目开发创造良好条件。企业负责项目投资、技术及碳交易运营, 发挥企业的资金和技术优势, 确保项目的高效运作和市场竞争能力。农户以林地经营权入股, 按碳汇收益的 25%—35% 分红, 实现资源变资产。

#### 3.3.3 创新碳普惠实践

开发“兰坪碳惠”小程序, 量化个体植树护林行为 (如护林时长、造林面积), 兑换积分用于兑换日用品或景区门票。对接云南碳普惠平台, 推动县域碳汇量接入全省交易体系, 覆盖大型活动碳中和、组织碳中和、个人碳中和、产品碳中和及工业碳中和。

#### 3.3.4 CCER 项目精准开发<sup>[18]</sup>

结合山区四乡镇中幼林抚育需求, 开发碳汇项目并包装碳票, 向云南金鼎锌业等重工业企业出售, 增加群众和政府收入。基于矿山修复实施造林修复项目, 解决修复资金短缺问题并实现碳汇交易。针对澜沧江沿江乡镇干热河谷生态修复, 开发分布式光伏发电, 通过提水灌溉提高造

林质量，实现生态修复与碳汇协同。

3.4 市场拓展：构建多层次碳汇交易体系<sup>[19]</sup>

构建多层次碳汇交易体系如表 2 所示。

表2 多层次碳汇交易体系

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 市场层级 | 开发路径                                 |
| 强制市场 | 对接全国碳市场，为火电、水泥企业提供CCER 抵销配额          |
| 自愿市场 | 与腾讯、蚂蚁等企业签订长期购碳协议，开发“碳汇 + 电商”消费场景    |
| 跨境市场 | 加入澜沧江—湄公河碳汇联盟，对接 GMS 绿色增长框架，开发跨国碳汇项目 |
| 区域市场 | 联合大理、丽江建立滇西北碳汇交易中心，开展区域性碳汇指标交易       |

4 结语

4.1 结论

兰坪县以 68.43% 的森林覆盖率和 949.09 万吨碳储量，具备建设区域性碳汇基地的资源基础，中幼龄林的固碳潜力尚未充分释放。但当前碳汇开发面临“三缺”困境——缺专业技术、缺资金渠道、缺市场衔接，导致碳资产转化率不足 10%；少数民族地区语言文化障碍影响技术推广；高山地形导致监测成本高于平原地区 30%。通过“碳汇 +”融合开发、碳普惠机制设计、数字化 MRV 体系构建，可实现生态效益向经济效益的高效转化。

4.2 展望

未来需重点突破三大方向<sup>[1,17,18]</sup>：一是主导制定横断山区碳汇计量的国际标准，二是开发基于民族文化基因的碳汇金融衍生品，三是建立跨境民族地区碳汇治理联盟。随着“一带一路”绿色发展倡议深入推进，兰坪县有望成为连接中国西南与东南亚的“碳汇文化枢纽”，为全球气候治理提供少数民族视角的中国方案的县级样板。

参考文献：

[1]Yu G, Chen Z, Piao S, et al. High carbon dioxide uptake by subtropical forest ecosystems in the East Asian monsoon region[J]. Nature, 2014, 514(7521): 213-215.

[2] 生态环境部.《温室气体自愿减排项目方法学造林碳汇》[Z]. CCER-14-001-V01, 2023.

[3] 云南省林业和草原局.《云南省森林碳汇潜力评估报告》[R]. 2024.

[4] 李金良, 徐泽鸿, 王雪峰.《林业碳汇项目开发与管理》[M]. 中国环境出版社, 2021.

[5] 兰坪县统计局.《兰坪县国民经济和社会发展统计公报（2021-2023）》[Z]. 2021-2023.

[6] 兰坪县林业和草原局.《主要树种碳汇能力测定报告》[R]. 2024

[7] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land UseS. Geneva: IPCC, 2006.

[8] 兰坪县林业和草原局. 中金公益碳汇林项目生态效益评估 [R]. 2023.

[9] 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[J]. 中国农学通报 .2017,(13):45-48.

[10] 高沁怡, 金婷, 顾光同, 等. 林业碳汇项目类型及开发策略分析[J]. 世界林业研究 .2019,(6):97-102.

[11] 中共中央办公厅, 国务院办公厅.《深化集体林权制度改革方案》[Z]. 2023.

[12] 黄衍, 汪佳伟, 郁涵婷. 集体林区林业碳汇价值实现评价研究——基于证据推理方法[J]. 林业经济问题 ,2024,(1):32-41.

[13] 兰坪县人民政府.《兰坪县生态保护与产业发展规划（2021-2035）》[Z]. 2023.

[14] 怒江傈僳族自治州林业和草原局.《澜沧江流域森林碳汇潜力研究报告》[R]. 2024.

[15] 怒江傈僳族自治州人民政府.《澜沧江流域生态保护条例》[Z]. 2023.

[16] 孙睿, 何大义, 闫晶晶. 林业碳汇抵消政策分担减排压力的效应研究[J]. 中国农业资源与区划 ,2025,(1):47-61.

[17] 董丙瑞, 黄振镛, 吴彬红等. 林业碳汇的价值实现模式研究[J]. 林业经济问题 ,2023,(1):1-8.

[18] 尹春哲, 刘阳, 陈晓. 林业碳汇开发与价值实现 [J]. 兴业研究 ,2023.

[19] 黑龙江省林业和草原局. 林业碳汇项目交易管理办法（试行）[Z]. 2024.

基金项目：专家工作站信息：建站单位：西南林业大学，名称：云南省陈勇专家工作站，项目编号：202505AF350005。

作者简介：晋玉 (1996.10-)，女，汉族，云南昆明人，本科，研究方向：数字林业。

寇卫利（1979.04-），男，汉族，陕西西安人，博士，教授，博士生导师，主要从事地理信息系统、遥感与信息技术研究。