

广州市典型木荷风水林碳库价值核算*

张瑞娟¹ 周璋² 骆土寿² 李小川¹ 李意德² 赵厚本²

(1. 广东省林业科学研究院, 广东 广州 510520;

2. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510520)

摘要 以广州市黄埔区亚热带常绿阔叶木荷 (*Schima superba*) 风水林群落为对象, 用样地生物量法对乔木、灌草、凋落物、细根和土壤层的碳库储量进行计量, 并用碳税率法参数估算了群落碳库价值。结果表明: (1) 3个样地的生态系统碳储量密度在 138.00~176.56 t C · hm⁻² 之间, 平均为 155.34 ± 11.30 t C · hm⁻², 但与地带性顶级群落碳储量密度相比, 该风水林还具有较大的增汇空间; (2) 乔木层、灌木层、草本层、凋落物层、细根层和土壤层的碳储量密度占生态系统总碳储量密度的比例分别为 70.17%、2.74%、1.43%、0.88%、0.81% 和 23.97%, 乔木层是生态系统碳库的主要贡献者; (3) 广州市典型木荷风水林总碳资产价值平均为 18.64 万元 · hm⁻², 其中植被层为 14.17 万元 · hm⁻², 土壤层为 4.47 万元 · hm⁻², 前者是后者的 3.17 倍, 植被层碳是风水林碳汇价值的主体部分。

关键词 风水林; 木荷; 碳储量密度; 碳资产; 价值评估

中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-2053 (2017) 04-0014-05

Carbon Storage Value Accounting of A Typical Feng-Shui Wood of *Schima superba* in Guangzhou City

ZHANG Ruijuan¹ ZHOU Zhang² LUO Tushou² LI Xiaochuan¹
LI Yide² ZHAO Houben²

(1. Guangdong Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract In this study, taking the *Schima superba* Feng-Shui woods community, which was the south subtropical evergreen broad-leaved forest in Huangpu district of Guangzhou city, as the experiment objects, the carbon storage of arbor, brushwood, litter, fine-root, and soil layers of *S. superba* forests were measured by the biomass sample method, and the value of community carbon storage was estimated by using the carbon tax rate method parameter. The results showed that: (1) The density of carbon storage in ecosystems of three sample plots were between 138.00 to 176.56 t C · hm⁻², with an average of 155.34 ± 11.30 t C · hm⁻², however, compared with the density of carbon storage in zonality climax community, this Feng-Shui wood has a large room for the carbon sink increase; (2) The proportions of carbon storage in the arbor layer, shrub layer, herb layer, litter layer, fine-root layer, and soil layer to the total carbon storage of the ecosystem were 70.17%, 2.74%, 1.43%, 0.88 %, 0.81% and 23.97%, respectively, and the arbor layer is the main contributor to the ecosystem carbon pool; (3) The average carbon asset value of typical Feng-Shui wood in Guangzhou was 1.86 × 10⁵ RMB per hectare, of which the

* 基金项目: 广州市林业和园林局重点科技项目“广州市森林碳汇计量与监测研究(2013-2016)”; 科技部基础性工作专项课题“中国森林土壤调查、标准规范及数据库构建”(2014FY120700)。

第一作者: 张瑞娟(1964—), 女, 主要从事林业与园林绿化研发相关工作。

通信作者: 骆土寿(1963—), 男, 高级工程师, 主要从事森林生态监测与评价以及森林可持续经营技术研究, E-mail: luots@126.com。

vegetation layer is 1.417×10^5 RMB per hectare, the soil layer is 4.47×10^4 RMB per hectare, and vegetation layer is the main part of the carbon sink value in Feng-Shui wood.

Key words Feng-Shui wood; *Schima superba*; carbon storage; carbon asset; value assessment

森林碳库是森林资产中重要组成部分^[1]。风水林是我国南方地区中具有人与自然和谐共处意识属性的森林类别之一，常由村前屋后的原生植被受有限破坏后自然演替恢复而成，一般分布面积小，但物种多样性较高，结构复杂，在区域植被恢复、生态环境治理和生物多样性保护等方面具有重要作用。我国岭南地区是风水林分布较多和开展研究较多的地方^[2-3]，大部分的研究主要集中在风水林的分类^[4]、树种组成^[5]、群落特征^[6]、物种多样性^[7-8]、植物资源^[9]、植物种及其应用等方面^[10-12]，极少涉及风水林的碳库及其资产价值方面的报道。本文通过对广州市黄埔区木荷 (*Schima superba*) 典型风水林群落的样地调查研究，进行群落碳库储量计量及价值评估，以货币的形式反映风水林的碳汇功能，以引起人们对风水林价值的重视，研究结果将为全面开展风水林价值精准核算和风水林的有效保护提供技术参考。

1 研究方法

1.1 研究样地概况

2015 年 8 月选择在广州市黄埔区姬堂村和沙浦村的风水林成熟林中，设置 3 个 40 m × 30 m 的样地 (R1、R2、R3)，样地间距 100 m 以上 (表 1)。该区域属亚热带海洋性季风气候，光热充足，雨量充沛。年平均气温 21.4~21.9 °C，年降水量在 1 612~1 909 mm。植被属次生常绿阔叶林，是以木荷为优势种群的木荷群系成熟林。该林分

保护较好，林冠高度郁闭，林内层次结构复杂，3 个样地的植物种重要值排名前 5 的主要优势种群见表 1。土壤类型为以砂页岩发育而成的赤红壤，土层深厚，土壤肥沃。

1.2 样地调查与取样

1.2.1 样地调查 调查时将每一样地划分为 12 个 10 m × 10 m 的样方，对胸径 ≥ 3 cm 的乔木进行每木检尺，测量和记录树种名、胸径、树高等。在样地对角线上设置 3 个 2 m × 2 m 灌木层调查样方，记录植株高 1.5 m 以上、胸径 < 3.0 cm 的乔木幼树和灌木植物的种名、胸径和高度。在每一灌木层样方内设置一个 1 m × 1 m 草本层调查样方，记录草本和植株高 1.5 m 以下的乔、灌木幼苗的种名、平均盖度、株 (丛) 数和平均高度。

1.2.2 植物和土壤取样 乔木选主要优势种的平均木法，灌木和草本采用全收获法，每份鲜样取约 300 g。乔木选择样地生物量贡献率占前 5 位的优势树种分器官取样，每一树种按大、中、小径级选择具代表性健康植株作样木，按叶、枝、干、根分别取样，同器官混合成一份样品；灌木分枝干、叶、根分别取样；草本分地上、地下两部分取样。地表凋落物在 1 m × 1 m 样方内全收样。细根 ($D \leq 2$ mm) 调查采用土钻法，在每个样地采集 8 钻内径为 5.5 cm 的土钻土混合，测定 0~20 和 20~40 cm 土层的细根量。土壤调查用剖面法，按 0~10、10~20、20~30、30~50、50~100 cm 分层采样测定土壤碳含量和颗粒直径 ≥ 2 mm 的石砾含

表 1 广州市黄埔区木荷风水林研究样地概况

样地号	样地面积 / m ²	地点	郁闭度 / %	群落高度 / m	平均胸径 / cm	密度 / (株数 · hm ⁻²)	优势种群
R1	1 200	广州黄埔区姬堂村	90	18.0	15.3	958	木荷 (<i>Schima superba</i>) + 楝叶吴茱萸 (<i>Evodia glabrifolia</i>) – 竹节树 (<i>Carallia brachiata</i>) – 小叶青冈 (<i>Cyclobalanopsis myrsinifolia</i>) – 九节 (<i>Psychotria rubra</i>)
R2	1 200	广州黄埔区姬堂村	90	18.0	15.0	950	木荷 + 锥栗 (<i>Castanopsis chinensis</i>) – 黄樟 (<i>Cinnamomum parthenoxylon</i>) – 猴耳环 (<i>Archidendron clyperia</i>) – 九节
R3	1 200	广州黄埔区沙浦村	90	18.0	20.0	583	木荷 + 黄果厚壳桂 (<i>Cryptocarya concinna</i>) – 马尾松 (<i>Pinus massoniana</i>) – 破布叶 (<i>Microcos paniculata</i>) – 黄牛木 (<i>Cratoxylum cochinchinense</i>)

注：优势种群列出重要值前 5 位树种。

量，每层用环刀法采土测容重。

1.3 样品碳含量测定

植物样品在 65 ℃ 的烘箱内烘干到恒质量测定其干重率。环刀土壤在 105 ℃ 烘箱烘干到恒质量测定计算容重。植物和土壤全碳含量利用“燃烧—气相色谱”元素分析仪器测定（Vario Macro cube, Elementar, Germany）。

1.4 群落碳储量密度估算方法

乔木层按树种或者混合树种组进行归类，选用相应的胸径生物量经验模型（ $W = aD^b$ ）计算各组分生物量，其中木荷、栲类和针叶树的生物量模型参考尹光彩^[13]的研究工作报告，木质藤类采用袁春明等^[14]的经验模型，荔枝、其他阔叶树类采用本基金项目研究模型。采用全收获生物量法计算灌木层、草本层、凋落物层生物量。根据每个样地采集的细根干质量除以土钻面积得出细根生物量。然后各层生物量与其相对应碳含量的乘积即为群落植被碳储量密度，群落植被总碳储量密度为植被和土壤的储量之和。土壤碳储量密度按公式（1）计算。

$$SOC D = \sum_{k=1}^5 [C_k \times D_k \times E_k \times (1 - G_k) / 100] \cdots \cdots (1)$$

式中：SOC D 为土壤碳储量密度（ $g \cdot m^{-2}$ ）；k 为土壤深度层次，k=1, 2, 3, 4, 5，分别代表 5 个土层； C_k 为第 k 层土壤碳含量（ $g \cdot kg^{-1}$ ）； D_k 为第 k 层土壤容重（ $g \cdot cm^{-3}$ ）； E_k 为第 k 层土壤的厚度（cm）； G_k 为第 k 层土壤中粒直径 $\geq 2 mm$ 的砾石含量（%）。

1.5 群落碳库资产价值计算

目前计算森林碳汇价值的方法较多，估算的价格也有较大差异，但国际、国内通用和普遍认可的是瑞典碳税率法^[15]，本文采用中国国家林业局发布的《森林生态服务功能评估规范（LY/T 1721—2008）》中固碳价格 $1\ 200\ 元 \cdot t^{-1}$ 的瑞典碳税率法价格参数计算群落碳储量经济价值^[16]。

1.6 群落碳库结构特征统计分析

采用 IBM SPSS Statistics 统计软件对木荷风水林群落 3 个样地碳库总体特征进行单因素方差分析（ANOVA），对各层碳储量密度差异性进行平均值差异显著性检验（LSD）。

2 结果与分析

2.1 群落碳储量密度

木荷风水林碳储量密度研究结果见表 2。3 个样地群落碳储量密度在 $138.00 \sim 176.56\ t\ C \cdot hm^{-2}$ 之间，平均总碳储量密度达到 $155.34\ t\ C \cdot hm^{-2}$ 。R3 样地平均胸径最大，植被层和群落总碳储量密度也是最大，R2 样地平均胸径最小，即储量密度也是最小。表明植被层和群落总碳储量密度与植被胸径大小和群落密度有关。通常是风水林群落保护时间越长，发育演替阶段后期，其径级越大，生物量越大。

本群落碳储量密度与同纬度的鼎湖山木荷混交林生态系统碳储量密度平均值 $189.15\ t\ C \cdot hm^{-2}$ 较为接近，植被层碳储量密度（ $118.10\ t\ C \cdot hm^{-2}$ ）与具有 400 年历史的季风常绿阔叶林植被碳储量密度（ $154.29\ t\ C \cdot hm^{-2}$ ）相比低 $23.46\%\text{[17]}$ ，说明本研究的风水林群落离成熟的顶级群落存在一定的差距，还具有较大的碳汇潜力。

2.2 群落碳库结构特征

对 3 个重复样地进行单因素方差分析表明，样地重复间（组内）各层次碳储量密度、群落总碳储量密度均差异不显著，层次间（组间）总体差异达到显著水平（ $P < 0.01$ ）。表明区域水平上这类型风水林碳库结构特征相似，差别不大，但群落内各层的碳储量密度存在很大差异。

为分清层间差异程度，对各层碳储量密度进行了平均数差异显著性检验统计分析（LSD）（表 2），结果表明：植被和土壤的碳储量密度分别为 118.10 ± 11.07 和 $37.24 \pm 2.17\ t \cdot hm^{-2}$ ，分别占群落

表 2 广州市黄埔区木荷风水林群落碳储量密度 t C · hm⁻²

样地	乔木层	灌木层	草本层	凋落物层	细根层	植被层	土壤层	群落
R1	100.20	5.58	1.71	1.58	1.12	110.19	41.27	151.46
R2	96.75	3.69	1.42	1.20	1.10	104.15	33.85	138.00
R3	130.05	3.48	3.54	1.32	1.58	139.97	36.59	176.56
平均值	109.00 AB	4.25 D	2.22 D	1.37 D	1.26 D	118.10 A	37.24 C	155.34
标准误差	10.57	0.67	0.67	0.11	0.16	11.07	2.17	11.30

注：表中样地各层平均值凡有 1 个相同大写字母者，表示碳储量密度在 0.01 水平差异不显著。

表 3 广州市黄埔区木荷风水林群落碳库价值

万元·hm⁻²

样地	乔木层	灌木层	草本层	凋落物层	细根层	植被层	土壤层	群落
R1	12.02	0.67	0.20	0.19	0.13	13.22	4.95	18.18
R2	11.61	0.44	0.17	0.14	0.13	12.50	4.06	16.56
R3	15.61	0.42	0.43	0.16	0.19	16.80	4.39	21.19
平均值	13.08	0.51	0.27	0.16	0.15	14.17	4.47	18.64

总碳储量密度的 76.03% 和 23.97%，碳库以植被占绝大部分，两者间差异极显著 ($P<0.01$)。在植被中乔木层、灌木层、草本层、凋落物层和细根层各组分的碳储量密度分别占群落总碳储量密度的 70.17%、2.74%、1.43%、0.88% 和 0.81%，其中乔木层与其他 4 层的差异达到极显著 ($P<0.01$)，后 4 层相互间均差异不显著，表明植物层碳库中以乔木层占绝大部分，是碳库的主要贡献者。

2.3 群落碳库资产价值评估及价值构成

采用碳税率参数计算出 3 个木荷风水林样地的碳库资产经济价值量结果见表 3。从表 3 看到群落总碳资产价值达到 18.64 万元·hm⁻²。其中植被碳资产价值为 14.17 万元·hm⁻²，土壤碳资产 4.47 万元·hm⁻²，前者是后者的 3.17 倍，占绝大部分。

而群落碳库资产总值中各层组分价值构成见图 1，木荷风水林群落碳库中不同组分的碳资产经济价值大小为：乔木层>土壤层>灌木层>草本层>凋落物层，乔木层占碳资产价值的 70.17%，土壤占 23.97%，表明群落碳资产价值量高低主要取决于乔木生物量碳储量密度，并与土壤碳构成了群落碳库资产价值的主体。

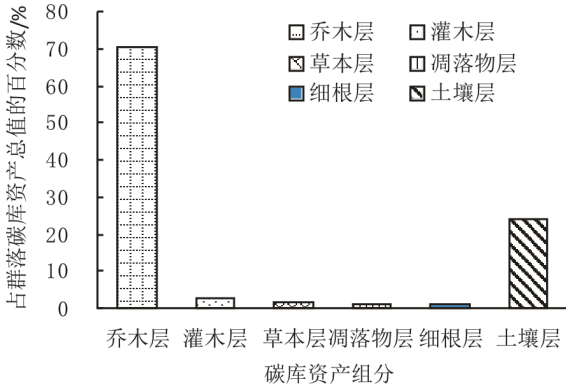


图 1 广州市黄埔区木荷风水林群落碳库资产价值构成

3 结论与讨论

3.1 本研究的结果表明，广州市黄埔区木荷风水林群落平均总碳储量密度较高，达到 155.34 t·hm⁻²，其中植被层碳储量密度为 118.10 t C·hm⁻²。总储

量与同纬度的鼎湖山木荷混交林生态系统碳储量密度平均值 (189.15 t C·hm⁻²) 较为接近，但明显高于 2006 年广州市森林生态系统平均碳储量密度 (65.9 t C·hm⁻²)^[18]，这是由于广州市还有部分低生物量的桉树 (*Eucalyptus* sp.)、马尾松、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 等人工幼林和残次阔叶次生林，所以从全市范围的森林生态系统碳资产格局看，黄埔区木荷风水林群落碳汇能力大幅高于广州市总体平均线，位于高碳汇群体的森林生态系统格局。而本研究的植被层碳储量密度 (118.10 t C·hm⁻²) 与同纬度鼎湖山具有 400 年历史的顶级群落季风常绿阔叶林植被碳储量密度 (154.29 t C·hm⁻²) 存在一定的差距，明显高于 2006 年广州市阔叶林、针叶林和针阔混交林的平均碳密度 (分别为 18.7、11.2 和 18.2 t C·hm⁻²)^[18]，说明本研究的风水林群落植被茂盛，还属于演替的中后期阶段，具有较大的碳汇潜力。

3.2 本研究估算出广州市黄埔区木荷风水林的碳库资产经济价值量达到 18.64 万元·hm⁻²。其碳库资产价值构成中植被碳资产价值为 14.17 万元·hm⁻²，土壤碳资产 4.47 万元·hm⁻²，植被层是风水林碳资产价值主体。植被碳资产经济价值大小为：乔木层>土壤层>灌木层>草本层>凋落物层，乔木层占总碳资产价值的 70.17%，表明群落碳资产价值量高低最主要取决于乔木生物量碳储量密度价值，与土壤碳构成了群落碳库资产价值的主体。

3.3 风水林作为我国南方农村具有特殊意涵的林种，符合“天人合一”、人与自然和谐共处的理念，村民将风水林视作神山圣地，制定严厉的村规民约加以约束，世代相传，使风水林得到最有效的保护。从资产角度看，风水林还有林木、林地、景观、野生植物、野生动物和环境资源等资产价值。所以通过其碳资产价值评估，从人文价值之外的另一碳汇经济途径体现风水林的有形与无形资产价值，这对风水林的保护具有积极意义。

参考文献

- [1] 王君彩, 牛晓叶. 低碳背景下森林碳汇的资产属性及其评价方法探讨[J]. 会计之友, 2013 (8): 13-17.
- [2] 代晓康. 中国风水林的研究进展[J]. 中国农学通报, 2011, 27(19): 1-4.
- [3] 程俊, 何昉, 刘燕. 岭南村落风水林研究进展[J]. 中国园林, 2009, 25(11): 93-96.
- [4] 罗思琦, 唐光大, 郑明轩, 等. 广州从化市风水林分类及保护[J]. 西南林业大学学报, 2011, 31(6): 25-30.
- [5] 李仕裕, 叶育石, 王发国, 等. 广州市风水林植物组成及分布区类型分析[J]. 植物资源与环境学报, 2013, 22(1): 102-109.
- [6] 易绮斐, 王发国, 刘东明, 等. 广州市萝岗区风水林植物组成及群落结构分析[J]. 植物资源与环境学报, 2012, 21(1): 104-110.
- [7] 林国俊, 马磊, 吴林芳, 等. 广州市风水林群落空间异质性及其对区域物种多样性的贡献[J]. 热带亚热带植物学报, 2013, 21(2): 168-174.
- [8] 唐光大, 陈德平, 罗思琦, 等. 广州从化市江埔风水林主要群落类型及其多样性初步研究[J]. 广东林业科技, 2012, 28(1): 1-6.
- [9] 林伟通, 刘玉垠, 蓝来娇, 等. 广州市从化地区风水林药用植物资源[J]. 亚热带植物科学, 2016, 45(2): 146-149.
- [10] 叶华谷, 徐正春, 吴敏, 等. 广州风水林[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2013: 406.
- [11] 廖宇红, 陈红跃, 王正, 等. 珠三角风水林植物群落研究及其在生态公益林建设中的应用价值[J]. 亚热带资源与环境学报, 2008, 3(2): 42-48.
- [12] 陈传国, 闫雪燕, 廖宇红, 等. 从佛山市风水林中筛选生态公益林造林树种[J]. 林业实用技术, 2008(9): 15-18.
- [13] 尹光彩. 中国科学院博士后研究报告: 基于LS-SVM构建中国森林主要树种生物量方程[R]. 北京: 中国科学院, 2014.
- [14] 袁春明, 刘文耀, 李小双, 等. 哀牢山湿性常绿阔叶林木质藤本植物地上部分生物量及其对人为干扰的响应[J]. 植物生态学报, 2009, 33(5): 852-859.
- [15] 刘梅娟, 祖建新, 沈月琴. 森林碳汇交易会计问题研究: 述评与展望[J]. 林业科学, 2013, 49(12): 147-156.
- [16] 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所. 森林生态系统服务功能评估规范: LY/T 1721—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [17] 方运霆, 莫江明, 黄忠良, 等. 鼎湖山马尾松、荷木混交林生态系统碳素积累和分配特征[J]. 热带亚热带植物学报, 2003, 11(1): 47-52.
- [18] 周国逸, 唐旭丽. 广州市森林碳汇分析[J]. 城市林业, 2009, 7(1): 8-11.