

广州市林业碳汇措施

——从近 10 年森林碳汇动态谈起

周国逸

中国科学院华南植物园 广州 510650

采用材积源 - 生物量法和广州市 1993 - 2006 年森林资源档案数据,旨在定量评估近 10 年来广州市森林碳储量、碳密度的动态变化,并通过分析森林碳汇的结构和变化趋势探寻提高本区域森林碳汇能力的林业措施。

1 引言

气候变暖是人类面临的十大生态问题之首,而大量排放的 CO₂ 等温室气体形成的温室效应则是气候变暖的根源。森林碳汇功能具有比其他减排方式更经济和高效的优点,因此,《京都议定书》将森林碳汇作为 CO₂ 减排的主要替代方式。许多研究者对全球、国家和地区森林植被碳库时间尺度上的变化都进行过估算。我国全国范围及一些省份或地区的森林植物碳储量估算工作也揭示了森林地上部分碳库大小。广州地处我国南亚热带季风气候区,水热资源丰沛。20 世纪 80 年代开始,在强劲发展的经济支持下广州市陆续推行了“青山绿地工程”及林业发展十一五计划等政策。通过大量造林和相应的管理措施,森林覆盖率迅速增加。然而在当前全球气候变化的背景下,关注森林恢复过程中碳储量的变化无论从理论还是实践上都有更重大的意义。地处珠三角腹地的广州市伴随着经济高速发展,能源消耗和排放到大气中的 CO₂ 量必然持续增加,如果广州市森林及

其他类型生态系统每年不能从大气中吸收这部分碳量的话,则需要支付高额的补偿费;而且如果补偿方式效果不明显的话,则实行限制排放,也就是限制社会经济的发展;因此,森林碳动态直接决定了碳汇交易量和广州市社会经济发展的上限。

基于上述研究背景,本研究采用森林资源监测资料,分析近 10 年来广州市森林碳动态,旨在运用逐年更新的森林资源档案数据对森林的碳消除和碳排放进行估算,尽可能准确地评估广州市森林碳汇功能,并通过分析森林碳汇结构特征及趋势为林业碳增汇和森林恢复提供科学依据。

2 研究方法

2.1 森林资源档案数据

本研究采用的数据为广州市林业局提供的 1993 - 2006 年森林资源

档案数据。自 1997 年开始,数据以年为单位进行更新,为短时间尺度监测森林资源动态变化提供了方便。森林面积和蓄积量以及 5 个龄级(幼龄、中龄、近龄、成龄、过龄)等各项记录均严格依照国家林业局制定的标准进行。根据广州市森林资源基本情况,将有林地分为 11 种主要林型,包括桉树、黎蒴、相思、南洋楹、湿地松、马尾松、杉木、阔叶混交林、木麻黄、针叶混交林、针阔混交林。

2.2 碳储量及碳密度的估算

碳储量通过生物量和平均碳含量进行估算,其中平均碳含量取 50%。生物量通过蓄积量估算。大量研究证明森林实测生物量与蓄积量之间存在良好的回归关系。本研究采用已经建立的回归方程(见表 1),对广州市森林生物量进行粗略估算。其中黎蒴的生物量用阔叶树的公式

表 1 广州市主要森林类型生物量 (t) 与蓄积量 (m³) 的关系

森林类型	生物量 (B) - 蓄积量 (V)	N	R ²
桉树	B=0.8873V+ 4.5539	20	0.80
黎蒴	B=1.0357V+ 8.0591	17	0.89
相思	B=0.8873V+ 4.5539	20	0.80
南洋楹	B=0.8873V+ 4.5539	20	0.80
湿地松	B=0.5168V+33.2378	16	0.94
马尾松	B=0.5101V+ 1.0451	12	0.92
杉木	B=0.3999V+22.5410	56	0.95
阔叶混	B=1.0357V+ 8.0591	17	0.89
木麻黄	B=0.7441V+ 3.2377	10	0.95
针叶混	B=0.5168V+33.2378	16	0.94
针阔混交林	B=0.8136V+18.4660	10	0.99
杂木林	B=0.7564V+ 8.3103	11	0.98

估算;相思、南洋楹结构与桉树人工林相似 采用桉树生物量公式估算;湿地松按针叶混交林生物量公式估算。本文所指碳密度为单位面积的碳储量。

2.3 空间分布格局

利用广州市行政区划图,结合2004 - 2006年广州市森林资源档案数据建立空间数据库。按照广州市市辖区、花都、从化、增城、番禺5区比较2004 - 2006年间的碳储量及碳密度。在地理信息系统软件 Arcview3.2支持下,以关键字段将空间数据库与属性数据库链接,进行空间分析。

3 研究结果

3.1 森林植被碳储量及密度变化

从1993 - 2006年,广州市森林植被碳储量从 $2.19 \times 10^6 \text{t}$ 增长到 $4.41 \times 10^6 \text{t}$ 。碳密度从 $9.24 \text{t}/\text{hm}^2$ 提高到 $16.04 \text{t}/\text{hm}^2$,此期间森林面积由 $2.36 \times 10^5 \text{hm}^2$ 扩大到 $2.75 \times 10^5 \text{hm}^2$ 。这些数据都说明,广州市森林植被在1993 - 2006年的碳汇平均增长率为 $0.52 \text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

3.2 不同类型森林碳储量及碳密度动态

1993 - 2006年间阔叶林、针阔混交林和针叶林碳储量变化如图1

所示。阔叶林对总碳库的贡献最大,平均贡献率为57.3%,并有逐年递增的趋势,由1993年的46%增加至2006年的74.4%。针叶林对总碳库的贡献次于阔叶林,多年平均贡献率为26.2%,并有逐年下降的趋势,由1993年的34%下降至2006年的14%。针阔混交林对总碳库的贡献最小,多年平均贡献率为16.5%,类似于针叶林,针阔混交林对总碳库的贡献亦呈逐年下降的趋势,由1993年的19.3%下降至2006年的11%。阔叶林类型森林中阔叶混交林碳储量最大($0.76 \sim 1.93$) $\times 10^6 \text{t}$,针叶林类型的森林中马尾松的碳储量最大,为($0.28 \sim 0.69$) $\times 10^6 \text{t}$ 。

尽管3大类森林类型碳储量变化趋势较大,但碳密度的变化均表现出逐渐增加的趋势。针叶林的平均碳密度由1993年的 $6.1 \text{t}/\text{hm}^2$ 增至2006年的 $11.2 \text{t}/\text{hm}^2$,针阔混交林的平均碳密度由 $12.6 \text{t}/\text{hm}^2$ (1993年)增至 $18.2 \text{t}/\text{hm}^2$ (2006年),阔叶林的平均碳密度由 $12.8 \text{t}/\text{hm}^2$ (1993年)增长至 $18.7 \text{t}/\text{hm}^2$ (2006年)。

3.3 不同林龄结构的森林碳储量动态

从年龄结构看,由幼龄林和中龄林构成的未成熟森林是广州市森林碳汇的重要组成部分,其碳储量占总碳储量的50%以上。近10年来,

广州市未成熟森林和成熟森林碳储量都明显增加,但成熟森林的碳储量增加更为显著,由1993年的 $0.7 \times 10^6 \text{t}$ 增加至2006年的 $2.1 \times 10^6 \text{t}$ 。2004年之前的未成熟林的碳储量比成熟林更占优势,随着时间的推移二者逐渐接近,2005年后成熟林的碳储量超过未成熟林的碳储量(见图2)。不同优势树种碳储量的年龄结构存在一定的差异。碳储量以未成熟林占优势的林型包括:桉树、阔叶混交林、马尾松、杉木、针阔混交林和针叶混交林;碳储量以成熟林占优势的林型包括:黎蒴、湿地松、木麻黄、南洋楹和相思。

3.4 11种主要林型碳动态

11种森林类型的碳储量差异大,为了便于比较,按占全市森林总碳储量超过10%和不足10%的分别统计。碳储量占全市森林总碳储量10%以上的森林类型有阔叶混交林、马尾松林和针阔叶混交林。阔叶混交林的碳储量持续增长,2003年之前的碳积累速率为 $23775.95 \text{t}/\text{a}$;2003 - 2004年间出现大幅的增加,其增加量为 755671.4t ;2004年后的碳积累速率为 $61455.78 \text{t}/\text{a}$ 。马尾松林碳储量在1992 - 1997年间有所增加,1997年后开始减少,1999 - 2003年又开始逐年增加,其积累速率为 $17303.52 \text{t}/\text{a}$;2003 - 2004年碳储量大幅下降,其减少量为 387371t ;2004年后又重现增加趋势,碳积累速率为 $17924.01 \text{t}/\text{a}$ 。针阔混交林在2003年之前的碳积累速率为 $10356.31 \text{t}/\text{a}$,2003 - 2004年下降了 150724t ,2004年后的碳积累速率为 $13910.93 \text{t}/\text{a}$ 。

碳储量占总碳储量不足10%的森林类型包括:桉树、黎蒴、木麻黄、南洋楹、杉木、湿地松、相思以及针叶混交林。其中碳储量保持持续增长的有桉树、相思和针叶混交林。木

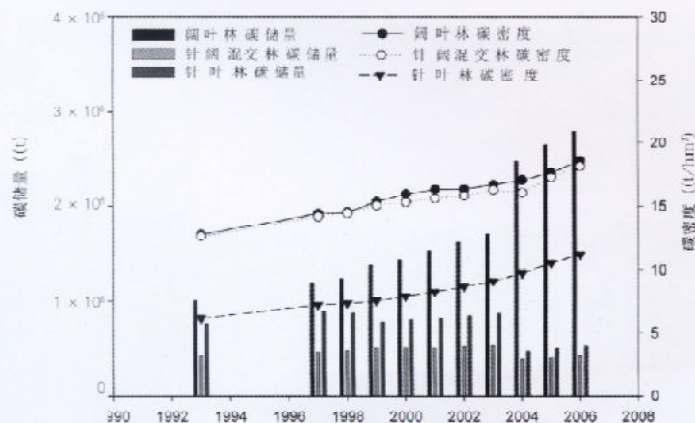


图1 1993 - 2006广州市不同森林类型碳储量和碳密度动态(注:阔叶林包括桉树、黎蒴、相思、南洋楹、木麻黄和阔叶混交林;针叶林包括湿地松、马尾松、杉木和针叶混交林)

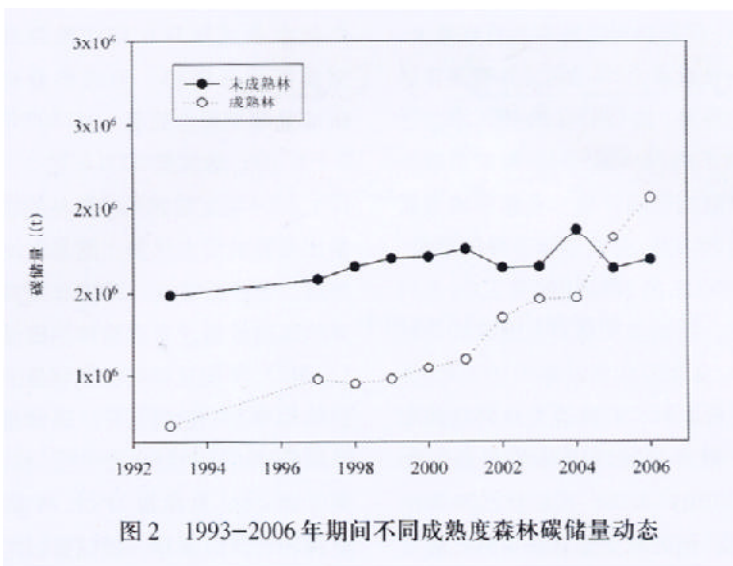


图2 1993-2006年期间不同成熟度森林碳储量动态

麻黄的碳储量最小,变化不明显,到2006年略有下降。除了针叶混交林和木麻黄,其他类型森林的碳储量都存在明显的波动。在2003-2004年间的碳储量明显增加的有桉树和相思,碳储量明显下降的有藜蒴、南洋楹、杉木和湿地松。桉树和藜蒴在2004年后的碳积累速率相对于2003年之前有明显的提高。

各林型的碳密度及变化的差异较大。阔叶混交林、马尾松林和针阔混交林的碳密度总体上保持增长,年际间的波动不大。其中,马尾松林和针阔混交林碳密度在2003-2004年出现了比较明显的下降,阔叶混交林和马尾松林在2004年后的碳密

度增加速率有明显提高。在碳储量占全市森林乔木总碳储量小于10%的林型当中,碳密度呈现明显波动的有南洋楹、相思和木麻黄。南洋楹的波动幅度最大,其碳密度在2001年之前快速增加,在2003-2004年间迅速减少。相思的碳密度增加速率在1998-2003年和2003年后分别出现了大幅的提高。木麻黄的碳密度自2003年后发生较大的下降。藜蒴、杉木、湿地松和针叶混交林保持了持续且相对稳定的增加。11种类型森林当中,碳密度较大的有阔叶混交林、针阔混交林、木麻黄、藜蒴和桉树,其碳密度通常为(10~20)t/hm²;碳密度较小的有马尾松

林、湿地松、针叶混交林和杉木,其碳密度通常小于10t/hm²。2003-2006年碳密度的平均增加速率最大的是相思,它的平均增加速率为1.76t/(hm²·a),其次是湿地松和藜蒴,它们的平均增加速率分别为0.83t/(hm²·a)和0.69t/(hm²·a)。

3.5 空间分布格局

根据现有资料,分析2004-2006年广州市辖区、番禺、花都、增城、从化碳储量及碳密度的空间分布格局。结果表明2004-2006年各区的森林碳储量都有增加,其中从化和番禺的碳储量都以0.1×10⁶t/a的速率增加。各区碳储量差异较大,且年间趋势一致,总体呈从化>增城>广州市辖区>花都>番禺的趋势。以2006年为例,总碳储量最大的区为从化,达1.79×10⁶t,是总碳储量最小的番禺区的(0.10×10⁶t)的1.5倍多(见图3)。

各区的碳密度则与碳储量大致呈相反的趋势,碳密度最大的为番禺,平均碳密度超过30t/hm²,其次为广州市辖区(21t/hm²),花都与从化相当,平均碳密度约为15t/hm²,碳密度最低的区为增城,约为12t/hm²。

4 讨论与结论

(1) 1993-2006年广州森林碳



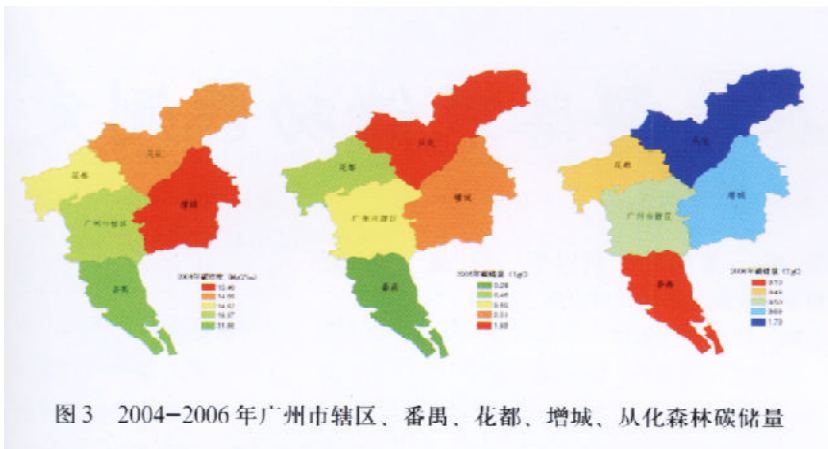


图3 2004—2006年广州市辖区、番禺、花都、增城、从化森林碳储量

汇总体呈增加趋势,平均年增长率为 $0.17 \times 106t$ 。这一方面是森林面积扩大(森林面积增长率为 $2932.5\text{hm}^2/\text{a}$)的结果,同时也是碳密度增加的结果,近10年来,广州森林的平均碳密度由1993年的 $9.24\text{t}/\text{hm}^2$ 增至2006年的 $16.04\text{t}/\text{hm}^2$,碳汇年平均增长率为 $0.52\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,约为同期广东省碳汇增长率 $0.29\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 的1倍。

(2) 1993 - 2006年,广州市森林面积由 $2.36 \times 10^5\text{hm}^2$ 扩大到 $2.75 \times 10^5\text{hm}^2$,全市平均森林覆盖率接近50%。但是从各区域的碳密度分布来看,森林碳汇的分布不平衡,增城、从化、花都等区域的碳汇仍有很大的提升空间。继续推行现有的造林政策,毫无疑问,可以增加这些区域的森林面积,从而提高整个广州市森林碳汇能力。当然,各行

政区域的社会经济发展水平及人口分布存在差异,在森林面积难以扩展的区域,则有必要通过林分改造则来提高森林碳汇能力。

(3) 阔叶林是构成广州森林碳库的主要成分,其对总碳库的贡献率超过50%,并且逐年递增,接近总碳储量的2/3。在此期间,针叶林和针阔叶混交林所占的比例逐年降低。这样的结果显示了森林演替和林分改造在增加森林碳汇方面的作用,通过增加阔叶林的面积和人工抚育针叶林、针阔混交林的手段可以增加整个区域的森林碳储量。

(4) 结合11种主要优势树种碳动态,改善针叶林,通过人工栽植碳密度增加较快的阔叶树种,如相思、黎蒴,使之逐渐过渡为针阔叶混交林,加快森林恢复过程。



Measures to increase Carbon Sink in Guangzhou Based on Carbon Storage Dynamics in Recent 10 Years

Zhou Guoyi

South China Botanic Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650

Abstract: Using the volume-biomass method and data on forest resources during 1993-2006, dynamics of carbon storage and density of forest in Guangzhou were studied to understand the patterns and trends of forest carbon sink in recent ten years. Measures to increase forest carbon sink in the region were recommended.

Keyword: Forestry carbon sink; Carbon storage; Guangzhou City

参考文献

- [1] Fang JY, Chen AP, Peng CH, et al. Changes in forest biomass carbon storage in China between 1949 and 1998 [J]. Science, 2001,292:2320-2322.
- [2] Dixon RK, Brown S, Houghton RA, et al. Carbon pools and flux of global forest ecosystems[J]. Sciences, 1994,263: 185-190.
- [3] Birdsey RA, Plantinga AJ, Heath LS. Past and prospective carbon storage in United States forests[J]. Forest Ecology and Management, 1993,58:33-40.
- [4] Davis MR, Allen RB, Clinton PW. Carbon storage along a stand development sequence in a New Zealand Nothofagus forest[J]. Forest Ecology and Management, 2003, 177:313-321.
- [5] 方精云, 刘国华, 徐高龄. 我国森林植被的生物量和净生量[J]. 生态学报, 1996, 16: 497-508.
- [6] 中华人民共和国林业部. 林业资源清查标准[M]. 北京: 中国林业出版社, 1982.
- [7] 周传艳, 周国逸, 王春林, 等. 广东省森林植被恢复下的碳储量动态[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29: 60-65.

作者简介

周国逸, 研究员, 博士生导师, 中国科学院华南植物园副主任, 主要研究方向: 生态系统生态学、森林生态系统碳循环和全球变化, 森林水文学。