

我国热带天然林植被 C 贮存量的估算*

李意德 曾庆波 吴仲民 周光益 陈步峰

摘要 以海南岛尖峰岭热带林生态系统定位研究站多年来的研究作为基本数据,用两种方法(生物量法和蓄积量法)计算了海南岛和用一种方法(蓄积量法)计算了云南南部热带森林的 C 素库总量。结果表明,海南热带天然林(含原始林和天然更新林)的 C 素库总量为 0.719~0.734 亿 t,云南南部的热带天然林的 C 素库总量在 0.653 亿 t 以上。因此我国热带林目前的 C 总量在 1.372~1.387 亿 t 以上。

关键词 热带天然林 生物量 蓄积量 C 素库 中国

当今人类大量利用化石燃料和对森林的过度利用而造成的大气 CO₂ 浓度的增加、温室效应加剧等一系列的生态问题,已成为严重影响人类自身生存的大敌。森林,作为陆地上最主要的生态系统,是世界上最大的 C 贮存库,它贮存了全球陆地生态系统中 90% 以上的 C,在单位面积上森林贮存的 C 是农田的 20~30 倍。森林通过光合作用吸收大气中的 CO₂,并贮存在森林植被系统中,反之,如果森林被破坏,一方面由于减少了光合作用对大气 CO₂ 的吸收,另一方面植被 C 素库中也有相当一部分通过各种途径排放到大气之中。因此保护森林就是保护大气 CO₂ 的重要的汇,而破坏森林则等于给大气 CO₂ 浓度的增加提供了一个重要的源。

森林中 C 的贮存量到底有多少? 目前有关文献的数据也不尽相同,主要是因为缺少大量基础数据以及对森林面积难以作准确的估算。我国对这方面的研究工作更是起步晚,热带地区尤其如此。本文试图通过尖峰岭热带林生态系统定位研究站的一些基础材料和我国热带森林有关分布面积和蓄积量的数据,对我国热带森林中 C 的贮存量作一初步的估计,为政府有关部门制定环境保护和发展森林的政策提供科学依据。

1 森林资源

中国的热带林处于热带亚洲的北缘,主要有三个部分:一是东部过渡性热带季雨林雨林区,包括福建东南部、两广南部和台湾中南部;二是西部过渡性热带季雨林雨林区,包括云南东南部、南部、西南部和西藏东南部的河谷地带;三是南部热带季雨林雨林区,包括海南岛及南海诸岛^[1]。目前我国热带天然林仅分布于海南岛、云南南部(主要是西双版纳)地区,西藏南部的河谷地带也有少量分布。本文涉及的仅有海南岛和云南南部地区的热带天然林。

海南岛位于南海北部,地处 18°09'~20°10' N, 108°37'~111°03' E,总面积为 33 920 km²,占全国热带地区面积(80 000 km²)的 42%。海南岛全年暖热,雨量充沛,但有明显的雨季和旱

1996—03—18 收稿。

李意德副研究员,曾庆波,吴仲民,周光益,陈步峰(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

* 本文为林业部重点项目“中国森林碳平衡研究”(1994~1995年)和林业部重点项目“尖峰岭热带林生态系统定位研究”(1991~1995年)的一部分。

季, 每年的 6~11 月为雨季, 雨量约占全年的 80% 左右, 雨量的地区分布不均匀, 东部湿润, 西部沿海地区干燥, 年平均降雨量 1 639 mm, 热量丰富。海南岛热带风暴和台风频繁, 是我国最具热带气候特色的地方。

据 1995 年最新卫星照片材料, 热带原始林覆盖率降为 7.25%, 即原始森林面积为 245 920 hm^2 , 年平均毁林面积和毁林率为 4 216 hm^2 和 0.25%, 这两个数值均较以往破坏严重的时期要小得多。

据 1992 年海南省天然森林资源二类清查材料, 海南岛有热带天然林(含原始林和次生林) 513 574 hm^2 , 覆盖率为 15.14%, 森林蓄积量为 55 189 745 m^3 (海南林业勘测设计院提供材料)。平均蓄积量为 107.5 m^3/hm^2 。

云南热带森林主要分布在云南南部的热带地区, 东起文山州的富宁, 沿麻栗坡、马关, 到红河州的屏边、金平、元阳、绿春, 再到思茅地区的江城和西双版纳的景宏、勐海、孟连、西萌一线以南; 滇西南则为沧源、耿马和德宏州的潞西、盈江一线以西南部地区内^[2]。云南的热带林是热带亚洲分布的最北缘, 一般分布在海拔 800 m 以下的河谷盆地四周, 年平均降水量 1 000~1 600 mm, 年平均温度 19℃ 以上, 80% 以上的雨量集中在 5~10 月。

根据 1975 年云南省森林资源清查资料, 云南有热带天然阔叶林面积达 99.8 万 hm^2 , 林木蓄积量达 1.368 72 亿 m^3 ^[2]。但经过 10 多年的开发, 至 1990 年, 仅存热带天然林约 60 万 hm^2 , 其中以西双版纳为最多, 达 52.62 万 hm^2 ^[3], 大多数现存的热带林已划为自然保护区^[4]。

2 估算方法

在本文进行的我国热带天然林 C 素库估算过程中, 基础数据来源于海南岛尖峰岭生态系统定位研究站的资料。

2.1 以森林生物量数据为基础的 C 估算方法(生物量法)

大面积森林生物量数据的计算是根据单位面积生物量、森林面积、生物量在树木各器官中的分配比例、树木各器官的平均 C 含量等参数计算而成。

2.2 以森林蓄积量数据为基础的 C 估算方法(蓄积量法)

森林蓄积量数据的获取, 是来自当地的森林资源清查资料, 根据主要热带林木的平均容重求算干材部分的生物量, 再根据生物量在各器官分配比例的关系, 求整个林分的生物量和 C 含量。

3 海南岛尖峰岭热带林区森林 C 素库

尖峰岭林区有较为完整的森林植被系列, 保存也较为完好, 其自然条件已有报道。本节计算的仅为天然森林的 C 素库(包括原始林和天然更新林)。

3.1 森林生物量

尖峰岭的森林生物量的测定自 1986 年就开始了^[6-8], 主要是测定林木地上部分各器官的生物量。综合了海南岛热带山地雨林的研究^[9, 10], 根据 300 多株生物量实测样本(不含根生物量)拟合了热带山地雨林树木各器官的生物量模型^[9], 按照生物量面积——曲线^[11]和标准森林样地技术^[10]的要求, 设置了 1 hm^2 的样地并调查群落学特征, 根据调查资料, 计算出热带山地雨林平均生物量为 425 t/hm^2 。由于树根生物量的测定非常复杂, 我们仅在尖峰岭的热带山

地雨林中测定了几株树木的根生物量, 资料不足以用于建立模型, 将实测株的胸径、树高套用日本学者 T. Kira 等^[11]在泰国热带雨林中所作的根生物量模型, 发现模型值与实测值差异不大, 因此根生物量借用该模型计算。生物量在各器官中分配的平均值为树干占 64.7%, 树枝占 20.9%, 树叶占 2.9%, 树根占 11.5%。

尖峰岭由低至高海拔各森林类型的生物量的变化关系, 根据树木的材积、容重的关系作了一个估算, 结果表明, 热带山地雨林具有最高的量, 常绿季雨林、半落叶季雨林和山顶苔藓矮林则分别为山地雨林的 86.38%、31.11% 和 26.65%。因此常绿季雨林生物量计算为 367 t/hm^2 , 半落叶季雨林为 133 t/hm^2 , 山顶苔藓矮林为 113 t/hm^2 。

3.2 主要树种的容重

通过对海南岛各类森林 185 种主要树种的计算, 结果平均容重为 0.686 t/m^3 , 其中山地雨林 98 种主要树种其平均容重为 0.677, 常绿季雨林 21 个树种平均容重为 0.707, 半落叶季雨林 59 个树种平均容重为 0.696, 山顶苔藓矮林 7 个树种平均容重为 0.664^[5]。

3.3 生物量与 C 含量转换系数

主要树木各器官的生物量与 C 含量的转换系数, 是根据对尖峰岭 150 余个树种 600 多个样品 C 含量测定结果计算而得到的, 其平均值分别为: 树干 0.554 9、树枝 0.465 3、树叶 0.458 4、树根 0.539 0, 各组分 C 含量的变化不大, 其样本变异系数在 6.5% ~ 15% 的范围内, 原始林和更新林中, 相同组分的 C 含量的变化在 3 个百分点以内。

3.4 尖峰岭热带森林 C 素库

3.4.1 生物量法 据 1992 年森林资源清查资料, 尖峰岭现有热带天然林 $39\,542.9 \text{ hm}^2$, 其中原始林面积为 $16\,627.2 \text{ hm}^2$, 占 42%; 更新林有 $22\,915.7 \text{ hm}^2$, 占 58%, 更新林主要分布在山地雨林和常绿季雨林这两个类型之中。尖峰岭目前热带森林的 C 素库为 536.40 万 t, 加权平均为 135.65 t/hm^2 , 详见表 1。尖峰岭热带原始林有较高的 C 储量, 总量达 345 万 t, 平均每 hm^2 为 207.68 t, 而天然更新林尽管面积较大, 但由于这些更新林大多是在尖峰岭林区从 50 年代后期以来开采后而更新的, 林分的年龄一般在 40 a 以下, 所贮存的 C 量也较少, 只有 191 万 t, 平均每 hm^2 仅 83.39 t。

表 1 以生物量数据为基础计算尖峰岭森林 C 素库

森林类型	山地雨林	常绿季雨林	半落叶季雨林	山顶苔藓矮林	合计
面积(hm^2)	7 407.3	9 080	0	139.9	16 627.2
总生物量(t)	3 148 102.5	3 332 360.0	0	15 808.7	6 496 271.2
其中: 树干	2 036 822.3	2 156 036.9	0	10 228.2	4 203 087.5
树枝	657 953.4	696 463.2	0	3 304.0	1 357 720.7
树叶	91 295.0	96 638.4	0	458.5	188 391.9
树根	362 031.8	383 221.4	0	1 818.0	747 071.2
C 素库(t)	1 130 232.7	1 196 384.9	0	5 675.6	2 332 293.2
树枝	306 145.7	324 064.4	0	1 537.4	631 747.4
树叶	41 849.6	44 299.1	0	210.2	86 358.8
树根	195 135.1	206 556.3	0	979.9	402 671.4
合计 C 总量	1 673 363.2	1 771 304.6	0	8 403.1	3 453 070.9
平均(t/hm^2)					207.68

(续表 1)

森林类型	山地雨林	常绿季雨林	半落叶季雨林	山顶苔藓矮林	合计
面积(hm ²)	8 902.0	10 307.9	3 705.8	0	22 915.7
总生物量(t)	1 551 173.5	1 551 029.7	492 871.4	0	3 595 074.6
其中: 树干	1 003 609.3	1 003 516.2	318 887.8	0	2 326 013.3
树枝	324 195.3	324 165.2	103 010.1	0	751 370.6
树叶	44 984.0	44 979.9	14 293.3	0	104 257.2
树根	178 385.0	178 868.4	56 680.2	0	413 433.6
C素库(t)	556 902.8	556 851.2	176. 950.8	0	1 290 704.8
树枝	150 848.1	150 834.1	47 930.6	0	149 621.7
树叶	20 620.7	20 618.8	6 552.0	0	47 791.5
树根	96 149.5	96 140.6	30 550.6	0	222 840.7
合计C 总量	824 521.0	824 444.6	261 984.1	0	1 910 949.7
平均(t/hm ²)					83.39

3.4.2 蓄积量法 据 1992 年尖峰岭森林资源清查资料的各种森林蓄积量、各类森林主要树种的平均容重, 计算出树干部分的生物量, 再根据生物量分配比例求出各器官生物量和 C 素库。结果(见表 2) 可看出, 由森林蓄积量来计算 C 量, 其结果与用生物量资料计算基本一致, 但热带原始林数值要小一些, 而更新林则偏大。对整个地区而言, 用生物量数据计算的结果为 536.40 万 t, 蓄积量的数据计算为 535.41 万 t, 二者相差仅 0.95 万 t。

表 2 以蓄积量数据为基础计算尖峰岭森林 C 素库

森林类型	山地雨林	常绿季雨林	半落叶季雨林	山顶苔藓矮林	合计
面积(hm ²)	7 407.3	9 080	0	139.9	16 627.2
蓄积量(m ³)	2 538 320.6	2 736 635.6	0	23 182.0	5 298 138.2
总生物量(t)	2 656 017.1	2 990 419.4	0	23 791.1	5 670 227.6
其中: 树干	1 718 443.0	1 934 801.4	0	15 392.9	3 668 637.3
树枝	555 107.5	624 997.6	0	4 972.3	1 185 077.4
树叶	77 024.5	86 722.2	0	689.9	164 436.6
树根	305 442.0	343 898.2	0	2 736.0	652 076.2
C素库(t)	953 564.0	1 073 621.3	0	8 541.5	2 035 726.8
树枝	258 291.6	290 811.4	0	2 313.6	551 416.6
树叶	35 315.7	39 762.1	0	316.3	75 394.1
树根	164 633.2	185 361.2	0	1 474.7	351 469.1
合计C 总量	1 411 804.5	1 589 556.0	0	12 646.2	3 014 006.7
平均(t/hm ²)					181.27
面积(hm ²)	8 902.0	10 307.9	3 705.8	0	22 915.7
蓄积量(m ³)	1 754 758.1	1 741 309.9	616 811.9	0	4 112 879.9
总生物量(t)	1 836 122.5	1 902 791.5	663 525.6	0	4 402 439.6
其中: 树干	1 187 971.2	1 231 106.1	429 301.1	0	2 848 378.4
树枝	383 749.6	397 683.4	138 676.9	0	920 109.9
树叶	53 247.6	55 181.0	19 242.2	0	127 670.8
树根	211 154.1	218 821.0	76 305.4	0	506 280.5
C素库(t)	659 205.3	683 140.8	238 219.2	0	1 580 565.3
树枝	178 558.7	185 042.1	64 526.4	0	428 127.2
树叶	24 414.0	25 300.5	8 822.6	0	58 537.1
树根	113 812.0	117 944.5	41 128.6	0	272 885.1
合计C 总量	975 990.0	1 011 427.9	352 696.7	0	2 340 114.6
平均(t/hm ²)					102.12

4 海南岛热带森林 C 素库

4.1 森林面积

海南岛目前仅有热带原始林 245 920 hm^2 , 而热带天然林总面积为 513 574 hm^2 。因此天然更新林(次生林)为 267 654 hm^2 。根据这些数据计算海南岛热带森林的 C 素库。

4.2 生物量法和蓄积量法推算海南岛天然林 C 总量

根据两种方法计算的热带原始林和次生林单位面积的 C 量(表 1、2)和海南岛各类森林面积而推算, 结果如表 3。

表 3 两种方法推算海南岛热带天然林 C 总量

项 目	生物量法		蓄积量法	
	热带原始林	天然更新林	热带原始林	天然更新林
单位面积 C 量(t/hm^2)	207.68	83.39	181.27	102.12
森林总面积(hm^2)	245 920	267 654	245 920	267 654
森林 C 总量(t)	51 072 665	22 219 667	44 577 918	27 332 827
合 计(t)	73 392 332		71 910 745	

由表 3 可看出, 用两种方法推算海南岛热带原始林的 C 总量为 0.511 亿 t 和 0.446 亿 t, 更新林为 0.222 亿 t 和 0.273 亿 t, 合计为 0.734 亿 t 和 0.719 亿 t, 用两种方法的计算结果相差 0.015 亿 t。尽管热带原始林的面积小于更新林, 但其 C 总量约为更新林的 2 倍, 由此可看出热带原始林在陆地生态系统中的重要地位。

如果用海南岛森林总蓄积量的资料求算 C 量, 平均蓄积量仅为 $108.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 由此而推算的总生物量为 0.585 亿 t, C 总量只有 0.311 亿 t, 这个数值仅为表 3 和表 4 中的 42.4% 和 43.3%, 结果相差甚远。这可能与总蓄积量估计的精确度有关。至少目前海南岛热带原始林部分的 0.446~0.511 亿 t C 应当是较为可信的, 因为现存的热带原始林主要为热带常绿季雨林和热带山地雨林, 这两类林分均具有较为完好的结构。

5 云南南部热带天然林 C 总量

云南的热带林的数据较为贫乏, 根据“四五”森林资源清查资料^[2], 至 1975 年云南有热带天然林 99.8 万 hm^2 , 蓄积量 1.37 亿 m^3 , 单位蓄积量为 $137.1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$; 到 1990 年, 云南的热带森林只在西双版纳地区有较大面积的分布, 其余均为零星分布, 总面积约 60 万 hm^2 ^[3], 绝大多数的热带原始林已划为自然保护区。根据云南自然保护区森林蓄积量的材料^[4], 9 个主要的热带森林类型的自然保护区的平均蓄积量为 $193.1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 并依据海南尖峰岭的有关参数, 初步估算云南热带天然林的 C 总量列于表 4。可看出, 云南热带森林的 C 素库至少为 0.65 亿 t 以上, 因为生物量法计算的结果一般要大一些。但目前对于云南热带森林由于缺乏必要的生物量和准确的各类型森林面积数据, 尚无法估计较为精确的 C 数据。对于热带原始森林, 蓄积量为 $193.1 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 的数值可能会偏小一些, 单位面积的 C 含量比海南岛的平均值低, 因此尽管云南的热带林面积较海南岛的大, 但其 C 总值仍比海南岛的略小。

表 4 云南热带天然林 C 总量的估算(蓄积量法)

森林面积 (hm ²)	单位蓄积量 (m ³ /hm ²)	总蓄积量 (亿 m ³)	总生物量 (亿 t)	C 总量 (亿 t)	单位 C 含量 (t/hm ²)
600 000	193.1	1.158 6	1.228 6	0.653 07	108.84

6 结 语

海南岛现存的热带天然林中的 C 总量约为 0.719 ~ 0.734 亿 t, 其中天然更新林约为 0.222 ~ 0.273 亿 t, 主要 C 吸附源是热带原始森林; 云南南部的热带森林的 C 总量在 0.653 亿 t 以上。因此目前我国热带天然林的 C 总量应在 1.372 ~ 1.387 亿 t 以上。这是一个巨大的 C 素库, 如果热带森林被破坏殆尽, 不仅失去了森林对大气 CO₂ 的固定作用, 而且植被本身这个库中的一部分 C 将以各种不同的途径释放到大气中。

用生物量法和蓄积量法计算森林 C 总量, 需要大量的基础资料, 如生物量、有机 C 转换系数、蓄积量、精确的森林分布面积等数据。对尖峰岭森林 C 的计算, 用两种方法计算差异并不大, 结果较为满意, 但进行区域性的森林 C 量计算时, 就需要大量研究点的基础资料和森林面积、蓄积量数据, 但目前我国这方面的数据是非常缺乏的。另外近几十年来我国热带地区人工林的发展也很快, 但由于有关森林 C 的资料缺乏, 亟待加强研究。

参 考 文 献

- 1 中国植被编辑委员会. 中国植被. 北京: 科学出版社, 1980.
- 2 云南森林编辑委员会. 云南森林. 北京: 科学出版社, 1986.
- 3 林凤鸣. 中国热带森林和木材利用结构现状. ITTO PD 14/92 Rev (F) 项目报告, 1994.
- 4 云南林业调查规划院. 云南自然保护区. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- 5 蒋有绪, 卢俊培, 等. 中国海南岛尖峰岭热带林生态系统. 北京: 科学出版社, 1991.
- 6 阳云, 李意德, 曾庆波, 等. 海南岛尖峰岭热带季雨林群落结构及地上部分生物量研究. 海南大学学报, 1988, 6(4): 26 ~ 32.
- 7 李意德, 曾庆波, 吴仲民, 等. 尖峰岭热带山地雨林生物量的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1992, 16(4): 293 ~ 300.
- 8 黄全, 李意德, 赖巨章, 等. 黎母山热带山地雨林生物量的初步研究. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(3): 197 ~ 206.
- 9 李意德. 海南岛热带山地雨林林分生物量估测方法比较分析. 生态学报, 1993, 13(4): 314 ~ 320.
- 10 Alder D, Synnott T J. Permanent sample plot techniques for mixed tropical forest. Tropical Forestry Papers, Oxford University, 1992. 25.
- 11 Kira T, Ogawa H. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. Dry matter production, with special reference to the Khao Chong Rain Forest Nature & Life in Southeastern Asia, 1967, (5): 149 ~ 174.

Estimation of Amount of Carbon Pool in Natural Tropical Forest of China

Li Yide Zeng Qingbo Wu Zhongmin Zhou Guangyi Chen Bufeng

Abstract Based on the data from the Jianfengling Stationary Research Station for Tropical Forest Ecosystem in Hainan Island of China, this paper estimates the amount of carbon pool of natural tropical forest in Hainan Province and Yunan Province. The results indicate that the amount of carbon of Hainan natural tropical forest (including pristine and regenerated forests) is up to 71.9 ~ 73.4 million tons, and is at least 66 million tons in Yunnan Province. So the total amount of carbon stored in tropical forest of China is at least 137.2 ~ 138.7 million tons.

Key words natural tropical forest biomass forest volume carbon pool China

Li Yide, Associate Professor, Zeng Qingbo, Wu Zhongmin, Zhou Guangyi, Chen Bufeng (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520).

灵芝及其它真菌彩色图志》简介

吴兴亮 臧 穆 夏同珩著 贵州科技出版社 1997

由贵州科学院吴兴亮副研究员、中国科学院昆明植物研究所臧 穆研究员等合著的《灵芝及其它真菌彩色图志》，于1997年6月由贵州科技出版社出版。

该书是著者近年对贵州主要自然保护区，50多个林区县大型真菌调查、采集、拍摄和鉴定结果的总结，是对我国西南地区大型真菌研究的重要贡献，同时也为亚热带大型真菌区系的研究提供了重要的参考资料。本书收录了产于贵州的41种灵芝和268种其它大型野生真菌，大部分为食用和药用种类，共有彩色照片320张。该书同时附上其它论文20篇并将灵芝部分译成了英文。作者给出了每个种的详细形态特征和分布，对其中的灵芝种类给出了模式产地和生态习性，并对有经济价值的种类还列举了主要用途。该书排版清晰，印刷精美，照片逼真，是真菌学研究人员、食用菌和药用菌工作者及大型真菌爱好者值得阅读的一本好书。

该书的主要特点是每个种都附有彩色照片，其中大部分是生境照片，这些珍贵的照片给读者一目了然的形态特征，并真实地反映了这些种类的生态习性。因此该书不但具有重要的学术意义，而且还具有一定的收藏价值。

(芬兰赫尔辛基大学植物博物馆, 戴玉成)