橡胶树立木材积表的编制研究*

周再知　郑海水　尹光天　杨曾奖　陈康泰

摘要　在雷州半岛地区, 对幼龄、中龄和老龄橡胶林进行了调查, 按径级测定了 50 株标准木的材积, 应用加权最小二乘法拟合了在材积方程建造上常用的 16 个方程。采用 FI(Furnival's index)指数选择最佳拟合方程, 橡胶树单木带皮、去皮材积最佳拟合方程分别为: $V_d = 3.8\times10^{-5}D^2H - 0.000\ 063$; $V_q = 3.1\times10^{-5}D^2H - 0.000\ 102$。两模型总的系统偏差都小于±3%, 满足编制材积表要求, 并利用模型编制了橡胶树立木材积表, 可供生产中应用、参考。

关键词　橡胶树、材积方程、立木材积表

橡胶树(*Hevea brasiliensis* (H·B·K·) Muell·-Arg)原产于巴西亚马逊河流域的热带雨林中, 是速生多用途树种, 热带地区被作为速生经济树种广泛种植。我国 50 年代初期开始大面积种植, 现有 60 万 hm^2 人工橡胶林, 每年可生产橡胶木 80 万 m^3, 枝桠材 50 万 m^3[1]。橡胶树的胶水是制造橡胶的重要原料。橡胶木木材松软易加工, 经防腐处理后可用于制造各种家具、刨花板、中密度纤维板及地板块等; 枝桠还是优良的薪炭材。目前随着热带森林资源的不断减少和国际市场对橡胶木需求的不断扩大, 橡胶木必将为国际社会所注目。

广东省雷州半岛地区自 50 年代初期开始大面积种植橡胶树, 经多年生产实践和不断试验分析, 逐渐摸索出一套整地、造林、抚育管理、割胶、防病治病技术措施。可是对橡胶林林分的物质循环、能量流动、生物量生产力等缺乏详尽的了解和深入细致的研究。未曾编制过植胶区橡胶的经营数表, 如材积表, 生物量表和生长过程表等。为了有效地评价某一经营单位橡胶林地的生产力, 依据对林分的实际测定, 编制橡胶树材积表。

1　调查地自然概况及研究方法

1.1　调查地自然概况

调查地设在广东省雷州半岛地区的徐闻县国营南化农场, 位于 20°11′N, 110°11′E, 属热带季风气候区。年平均风速 2.5 m/s, 年平均温度 22.7 ℃, 年平均相对湿度 85%, 年平均降水量 1 579.3 mm。受干热季风影响, 干湿季分明, 雨量多, 但分配不均。11～4 月为旱季雨量少, 5～10 月为雨季, 因受台风影响, 大部分降水集中在 7～9 月。地形为台地地貌, 地势平缓。土壤为玄武岩发育成的铁质砖红壤, 质地粘, 土层深厚, 土壤肥力高。

1.2　研究方法

1.2.1　样地　在毗邻的幼龄、中龄及更新胶园内(种植株行距均为 3 m × 6 m), 设置面积为

1995—03—29 收稿。

周再知助理研究员, 郑海水, 尹光天, 杨曾奖(中国林业科学研究院热带林业研究所　广州　510520); 陈康泰(广东省徐闻县国营南华农场)。

* 本项研究是加拿大 IDRC 资助的(1990～1998)"华南热带农用林模式综合研究项目"的研究内容之一。

50 m×50 m 样地, 在样地内每木调查后按径级选 1～6 株标准木。样木共计 50 株, 径级范围 2～22 cm, 树高范围 2.5～12.8 m。

1.2.2　*样木材积测定与计算*　伐倒标准木前测定地径(距地面 0.3 m 处)和胸径(距地面 1.3 m 处), 伐倒后测定树高; 对树干, 按 1 m 区分段截取后, 测定每个区分段的带皮径、去皮径及梢底直径和长度。采用区分求积法计算树干的带皮和去皮材积, 枝条材积按枝条中央直径和长度依公式 $V = 1/4\pi r^2 L$ 计算。橡胶树的单木材积指树干材积和枝条材积之和。

1.2.3　*材积方程的建造*　首先分别以 D、H、D^2、D^2H 为横坐标, 以带皮或去皮材积为纵坐标, 在计算机上打出样本散点图, 分析其变化规律, 剔除异常样本。文中仅剔除 1 个异常样本。为了使所编制的立木材积表能够精确反映实际材积, 本文利用 49 株样本数据资料, 采用加权最小二乘法拟合了材积方程建造出常用的 16 个方程, 即 9 个以单位权函数加权和 7 个分别以 $(D^2)^{-1}$或$(D^2H)^{-1}$加权的材积方程, 经过比较后选择最佳方程用于编制材积表。

单位权函数方程:

(1) $V = b_0 + b_1 D$

(2) $V = b_0 + b_1 D + b_2 D^2$

(3) $V = b_0 + b_1 D^2$

(4) $V = b_0 + b_1 D^2 H$

(5) $V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 H + b_3 D^2 H$

(6) $V = b_0 + b_1 D^2 + b_2 DH + b_3 D^2 H$

(7) $\mathrm{Ln}V = b_0 + b_1 \mathrm{Ln}D$

(8) $\mathrm{Ln}V = b_0 + b_1 \mathrm{Ln}D + b_2 \mathrm{Ln}H$

(9) $\mathrm{Ln}V = b_0 + b_1 \mathrm{Ln}(D^2H)$

非单位权函数方程:

(10) $V/D^2 = b_0 + b_1(1/D^2) + b_2(1/D)$

(11) $V/D^2 = b_0 + b_1(1/D^2)$

(12) $V/D^2H = b_0 + b_1(1/D^2H)$

(13) $V/D^2 = b_0 + b_1(1/D^2) + b_2(H/D^2) + b_3(H)$

(14) $V/D^2H = b_0 + b_1(1/D^2H) + b_2(1/H) + b_3(1/D^2)$

(15) $V/D^2 = b_0 + b_1(1/D^2) + b_2(H/D) + b_3(H)$

(16) $V/D^2H = b_0 + b_1(1/D^2H) + b_2(1/H) + b_3(1/D)$

式中: V —— 材积, D —— 胸径, H —— 树高。

以往, 在进行材积方程回归拟合时, 普遍采用最小二乘法(普通最小二乘法), 而忽略了材积这一变量在多数情况下是随自变量的增大而增大这一事实, 所做的拟合是违背最小二乘法方差齐性要求的, 尽管相关系数已达到显著水平, 其结果必然是有偏的。如何才能消除材积异方差的影响, 保证拟合结果无偏? 加权最小二乘法是解决这一难题行之有效的方法。

Cunia, T[2] 讨论了使用$(D)^{-2}$或$(D^2H)^{-2}$做为权, 采用加权最小二乘法建立材积方程的必要性, 并指出材积拟合方程的剩余方差往往是随树的大小变化的, 多数情况下是与$(D^2)^2$ 或$(D^2H)^2$ 成比例的。一般情况下, 在材积加权最小二乘法拟合上, 一元方程以$(D^2)^{-2}$为权, 二元方程以$(D^2H)^{-2}$为权。在实际的回归分析上通常采用权的平方根乘方程两边以期对权进行简化。

1.2.4　*材积方程的评价*　同一因变量(如材积)因采用不同的权, 其回归结果是有偏的, 不能直接采用相关系数大小(R^2)来评价拟合方程的优劣。我们采用 Furnival, G. M.[3] 提出的 FI 指数来评价这些回归方程, 即 $FI = [f(V)]^{-1}S$。式中: FI —— Furnival 指数; $[f(V)]$ —— 与材积

相关的因变量导数的几何平均值; S ——拟合方程的剩余标准差。FI 指数愈小表明拟合效果愈佳。

1.2.5 材积方程精度检验 立木材积模型建好后, 必须通过自检和适性检验后方可利用编制材积表。依照我国森林资源主要技术规定中, 材积表使用到最大偏差为±3, 最佳拟合方程总的系统偏差应小于±3%, 最大不可超过±5%。

2 结果与分析

利用加权最小二乘法拟合橡胶树单木带皮和去皮材积, 结果见表1和表2。最小的Furnial指数表明最佳拟合, 带皮与去皮最佳材积方程分别为: $V_d/D^2H = 0.000\,038 - 0.000\,063(1/D^2H)$ (1式); $V_q/D^2H = 0.000\,031 - 0.000\,102(1/D^2H)$ (2式)。

因材积方程对转换所产生的系统偏差对实际材积的估计影响较小, 故偏差的校正被忽略, 利用 D^2H 分别乘最佳带皮和去皮材积方程(1)、(2), 最终带皮材积(V_d)和去皮材积(V_q)拟合方程分别为:

$$V_d = 3.8\times10^{-5}D^2H - 0.000\,063 \text{ (3式)};\quad V_q = 3.1\times10^{-5}D^2H - 0.000\,102 \text{ (4式)}$$

经检验, 模型(3)和(4)总的系统偏差分别为2.15%和2.55%; 橡胶树与其它树种不同, 种植后一般不允许砍伐, 为了做此项研究, 除砍伐了50株样木外, 还砍伐了10株样木用于适应性检验, 检验结果表明, 模型(3)和(4)的适应性检验总的系统偏差分别为−1.52%和−2.75%, 从检验结果看, 模型(3)和(4)总的系统偏差和实际检验偏差都小于±3%, 满足编表要求, 故利用这两个模型编制立木材积表(见后页表3和表4)。

加权最小二乘法, 如采用单位权函数加权亦退变为普通最小二乘法。从橡胶树单木带皮和去皮材积拟合方程(表1和表2)可以看出, 如只采用单位权函数加权, 9个方程中则以具有

表1 橡胶树带皮材积方程

材积方程(带皮)	(R^2)	标准差	平均值倒数	FI 指数
单位权函数方程:				
1. $V = -0.050\,938\,1 + 0.009\,856\,77D$	0.840 1	0.022 93	1.0	0.022 93
2. $V = 0.011\,237 - 0.004\,732D + 0.000\,658D^2$	0.959 6	0.116 47	1.0	0.116 47
3. $V = -0.010\,591 + 0.000\,458D^2$	0.947 8	0.013 09	1.0	0.013 09
4. $V = -0.002\,26 + 0.000\,041D^2H$	0.968 9	0.010 11	1.0	0.010 11
5. $V = 0.007\,096 + 0.000\,014D^2 - 0.001\,654H + 0.000\,043D^2H$	0.970 9	0.009 99	1.0	0.009 99
6. $V = 0.003\,722 + 0.000\,045D^2 - 0.000\,224DH + 0.000\,048D^2H$	0.972 5	0.009 73	1.0	0.009 73
7. $\mathrm{Ln}V = -9.615\,42 + 2.647\,94\,\mathrm{Ln}D$	0.981 6	0.231 06	0.019 2	0.004 44
8. $\mathrm{Ln}V = -10.337\,794 + 2.106\,1\,\mathrm{Ln}D + 0.954\,669\,\mathrm{Ln}H$	0.988 4	0.185 67	0.019 2	0.003 56
9. $\mathrm{Ln}V = -10.392 + 1.030\,69\,\mathrm{Ln}(D^2H)$	0.988 4	0.183 98	0.019 2	0.003 53
非单位权函数方程:				
10. $V/D^2 = 4.83\times10^{-4} + 1.748\times10^{-3}(1/D^2) - 1.718\times10^{-3}(1/D)$	0.667 5	$6.837\,24\times10^{-5}$	71.948 4	0.004 92
11. $V/D^2 = 3.26\times10^{-4} - 9.13\times10^{-4}(1/D^2)$	0.338 1	$9.542\,19\times10^{-5}$	71.948 4	0.006 87
12. $V/D^2H = 3.8\times10^{-5} - 6.3\times10^{-5}(1/D^2H)$	0.069 0	$6.628\,75\times10^{-6}$	515.981 9	0.003 42*
13. $V/D^2 = 5.759\,6\times10^{-8} + 1.91\times10^{-4}(1/D^2) - 9.4\times10^{-5}(H/D^2) + 3.9\times10^{-5}(H)$	0.800 8	$5.352\,48\times10^{-5}$	71.948 4	0.003 85
14. $V/D^2H = 4.1\times10^{-5} - 1.94\times10^{-4}(1/D^2H) - 2.5\times10^{-5}(1/H) + 6.9\times10^{-5}(1/D^2)$	0.081 5	6.732×10^{-6}	515.981 9	0.003 47
15. $V/D^2 = 2.8\times10^{-5} + 4.8\times10^{-5}(1/D^2) - 4\times10^{-5}(H/D) + 3.9\times10^{-5}(H)$	0.804 0	$5.309\,79\times10^{-5}$	71.948 4	0.003 82
16. $V/D^2H = 4.0\times10^{-5} - 2.8\times10^{-5}(1/D^2H) - 5.407\,5\times10^{-6}(1/H) - 6.303\,3\times10^{-6}(1/D)$	0.075 4	$6.754\,5\times10^{-6}$	515.981 9	0.003 49

注: * 者为最佳拟合方程。

表 **2**　橡胶树去皮材积方程

材　积　方　程　(去皮)	(R^2)	标准差	平均值倒数	FI 指数
单位权函数方程:				
1. $V = -0.042\,599\,5 + 0.008\,173\,86D$	0.829 9	0.019 74	1.0	0.019 74
2. $V = 0.011\,11 - 0.004\,428D + 0.000\,568D^2$	0.958 0	0.009 92	1.0	0.009 92
3. $V = -0.009\,318\,33 + 0.000\,380\,886D^2$	0.943 1	0.011 41	1.0	0.011 41
4. $V = -0.002\,479 + 0.000\,034D^2H$	0.968 5	0.008 49	1.0	0.008 49
5. $V = 0.007\,922 - 0.000\,026D^2 - 0.001\,692H + 0.000\,039D^2H$	0.971 5	0.008 26	1.0	0.008 26
6. $V = 0.004\,539 + 0.000\,006\,62D^2 - 0.000\,232DH + 0.000\,045D^2H$	0.974 0	0.007 89	1.0	0.007 89
7. $\mathrm{Ln}V = -10.033\,5 + 2.736\,84\,\mathrm{Ln}D$	0.979 7	0.251 49	0.015 3	0.003 85
8. $\mathrm{Ln}V = -10.841\,312 + 2.130\,886\,\mathrm{Ln}D + 1.067\,618\,\mathrm{Ln}H$	0.987 6	0.198 78	0.015 3	0.003 04
9. $\mathrm{Ln}V = -10.840\,1 + 1.065\,94\,\mathrm{Ln}(D^2H)$	0.987 6	0.196 61	0.015 3	0.003 01
非单位权函数方程:				
10. $V/D^2 = 0.000\,401 + 0.001\,462(1/D^2) - 0.001\,466(1/D)$	0.686 1	$5.700\,26\times10^{-5}$	71.948 4	0.004 27
11. $V/D^2 = 0.000\,267 - 0.000\,808(1/D^2)$	0.360 1	$8.049\,15\times10^{-5}$	71.948 4	0.005 79
12. $V/D^2H = 0.000\,031 - 0.000\,102(1/D^2H)$	0.215 3	$5.531\,17\times10^{-6}$	515.981 9	0.002 85*
13. $V/D^2 = -7.047\,4\times10^{-6} + 1.63\times10^{-4}(1/D^2) - 9.4\times10^{-5}(H/D^2) + 3.3\times10^{-5}H$	0.812 7	$4.452\,99\times10^{-5}$	71.948 4	0.003 20
14. $V/D^2H = 3.5\times10^{-5} - 6.0\times10^{-5}(1/D^2H) - 2.5\times10^{-5}(1/H) + 3.55\times10^{-6}(1/D^2)$	0.242 9	$5.555\,3\times10^{-6}$	515.981 9	0.002 87
15. $V/D^2 = 1.2\times10^{-5} + 3.522\times10^{-6}(1/D^2) - 3.2\times10^{-5}(H/D) + 3.3\times10^{-5}H$	0.815 0	$4.425\,26\times10^{-5}$	71.948 4	0.003 18
16. $V/D^2H = 3.4\times10^{-5} - 3.0\times10^{-5}(1/D^2H) - 1.0\times10^{-5}(1/H) - 1.3\times10^{-5}(1/D)$	0.246 8	$5.540\,79\times10^{-6}$	515.981 9	0.028 59

注: * 者为最佳拟合方程。

$\mathrm{Ln}V = b_0 + b_1\mathrm{Ln}(D^2H$ (亦即 $V = a(D^2H)^b$) 形式的方程为最优, 对于本文所研究的橡胶木而言, 立木材积存在异方差, 无论是带皮材积还是去皮材积均以 D^2H 为权加权的拟合方程为最优。由此可见, 只采用普通最小二乘法去拟合橡胶木材积方程是不妥当的。

3　结　　论

(1) 利用加权最小二乘法建立橡胶树单木材积估测模型, 可以消除材积异方差影响, 使拟合结果无偏。橡胶木立木的带皮和去皮材积拟合方程均以非单位权函数加权拟合为最优。橡胶木最优带皮和去皮材积方程分别为:

$$V_d = 3.8\times10^{-5}D^2H - 0.000\,063; \quad V_q = 3.1\times10^{-5}D^2H - 0.000\,102$$

(2) 依据最优材积模型编制橡胶木材积表, 表 3 和表 4 中胸径以 4 cm 为始径阶, 以 1 cm 为阶距, 最大达 30 cm, 树高以 4 m 为起始高, 1 m 为高阶距, 最大 15 m。胸径在 4～22 cm, 树高在 4～12 m 范围内可直接利用此表。超出此范围, 须经实测检验后再利用。虽然建立材积模型的数据资料是来自雷州半岛的某些特定人工林, 但对整个半岛植胶区的橡胶林都可以给出较满意的估计。对其它地区, 须作适应性检验, 达到精度要求方可利用。

(3) 由于所实测的橡胶木是来自尚未更新的胶园, 大径级橡胶木比较少, 25～30 a 林龄的更新胶园, 橡胶木胸径比较大, 一般在 15～30 径级; 为了使所建立的材积方程更有效地服务于生产部门, 尚须对大径级林木进行实测调查, 建立大径级橡胶木的材积方程, 此方面的研究有

待进一步补充完善。

(4) 在其它树种的材积方程拟合上，建议采用加权最小二乘法去拟合方程，以消除材积异方差影响。

表 3 橡胶树单木带皮材积表 (单位：m^3)

D(cm)	H(m)											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	0.002 4	0.003 0	0.003 6	0.004 2	0.004 8	0.005 4	0.006 0	0.006 6	0.007 2	0.007 8	0.008 4	0.009 1
5	0.003 7	0.004 7	0.005 6	0.006 6	0.007 5	0.008 5	0.009 4	0.010 4	0.011 3	0.012 3	0.013 2	0.014 2
6	0.005 4	0.006 8	0.008 1	0.009 5	0.010 9	0.012 2	0.013 6	0.015 0	0.016 4	0.017 7	0.019 1	0.020 5
7	0.007 4	0.009 2	0.011 1	0.013 0	0.014 8	0.016 7	0.018 6	0.020 4	0.022 3	0.024 1	0.026 0	0.027 9
8	0.009 7	0.012 1	0.014 5	0.017 0	0.019 4	0.021 8	0.024 3	0.026 7	0.029 1	0.031 6	0.034 0	0.036 4
9	0.012 2	0.015 3	0.018 4	0.021 5	0.024 6	0.027 6	0.030 7	0.033 8	0.036 9	0.040 0	0.043 0	0.046 1
10	0.015 1	0.018 9	0.022 7	0.026 5	0.030 3	0.034 1	0.037 9	0.041 7	0.045 5	0.049 3	0.053 1	0.056 9
11	0.018 3	0.022 9	0.027 5	0.032 1	0.036 7	0.041 3	0.045 9	0.050 5	0.055 1	0.059 7	0.064 3	0.068 9
12	0.021 8	0.027 3	0.032 8	0.038 2	0.043 7	0.049 2	0.054 7	0.060 1	0.065 6	0.071 1	0.076 5	0.082 0
13	0.025 6	0.032 0	0.038 5	0.044 9	0.051 3	0.057 7	0.064 2	0.070 6	0.077 0	0.083 4	0.089 8	0.096 3
14	0.029 7	0.037 2	0.044 6	0.052 1	0.059 5	0.067 0	0.074 4	0.081 9	0.089 3	0.096 8	0.104 2	0.111 7
15	0.034 1	0.042 7	0.051 2	0.059 8	0.068 3	0.076 9	0.085 4	0.094 0	0.102 5	0.111 1	0.119 6	0.128 2
16	0.038 8	0.048 6	0.058 3	0.068 0	0.077 8	0.087 5	0.097 2	0.106 9	0.116 7	0.126 4	0.136 1	0.145 9
17	0.043 9	0.054 8	0.065 8	0.076 8	0.087 8	0.098 8	0.109 8	0.120 7	0.131 7	0.142 7	0.153 7	0.164 7
18	0.049 2	0.061 5	0.073 8	0.086 1	0.098 4	0.110 7	0.123 1	0.135 4	0.147 7	0.160 0	0.172 3	0.184 6
19	0.054 8	0.068 5	0.082 2	0.096 0	0.109 7	0.123 4	0.137 1	0.150 8	0.164 6	0.178 3	0.192 0	0.205 7
20	0.060 7	0.075 9	0.091 1	0.106 3	0.121 5	0.136 7	0.151 9	0.167 1	0.182 3	0.197 5	0.212 7	0.227 9
21	0.067 0	0.083 7	0.100 5	0.117 2	0.134 0	0.150 8	0.167 5	0.184 3	0.201 0	0.217 8	0.234 5	0.251 3
22	0.073 5	0.091 9	0.110 3	0.128 7	0.147 1	0.165 5	0.183 9	0.202 2	0.220 6	0.239 0	0.257 4	0.275 8
23	0.080 3	0.100 4	0.120 5	0.140 7	0.160 8	0.180 9	0.201 0	0.221 1	0.241 2	0.261 3	0.281 4	0.301 5
24	0.087 5	0.109 4	0.131 3	0.153 2	0.175 0	0.196 9	0.218 8	0.240 7	0.262 6	0.284 5	0.306 4	0.328 3
25	0.094 9	0.118 7	0.142 4	0.166 2	0.189 9	0.213 7	0.237 4	0.261 2	0.284 9	0.308 7	0.332 4	0.356 2
26	0.102 7	0.128 4	0.154 1	0.179 8	0.205 4	0.231 1	0.256 8	0.282 5	0.308 2	0.333 9	0.359 6	0.385 3
27	0.110 7	0.138 4	0.166 1	0.193 9	0.221 6	0.249 3	0.277 0	0.304 7	0.332 4	0.360 1	0.387 8	0.415 5
28	0.119 1	0.148 9	0.178 7	0.208 5	0.238 3	0.268 1	0.297 9	0.327 6	0.357 4	0.387 2	0.417 0	0.446 8
29	0.127 8	0.159 7	0.191 7	0.223 6	0.255 6	0.287 6	0.319 5	0.351 5	0.383 4	0.415 4	0.447 3	0.479 3
30	0.136 7	0.170 9	0.205 1	0.239 3	0.273 5	0.307 7	0.341 9	0.376 1	0.410 3	0.444 5	0.478 7	0.512 9

注：1. 材积方程 $V_d=3.8\times10^{-5}D^2H-0.000\ 063$；2. 实线内数据为所收集样木数据范围。

表 4 橡胶树单木去皮材积表 (单位：m^3)

D(cm)	H(m)											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	0.001 9	0.002 4	0.002 9	0.003 4	0.003 9	0.004 4	0.004 9	0.005 4	0.005 9	0.006 3	0.006 8	0.007 3
5	0.003 0	0.003 8	0.004 5	0.005 3	0.006 1	0.006 9	0.007 6	0.008 4	0.009 2	0.010 0	0.010 7	0.011 5
6	0.004 4	0.005 5	0.006 6	0.007 7	0.008 8	0.009 9	0.011 1	0.012 2	0.013 3	0.014 4	0.015 5	0.016 6
7	0.006 0	0.007 5	0.009 0	0.010 5	0.012 1	0.013 6	0.015 1	0.016 6	0.018 1	0.019 6	0.021 2	0.022 7
8	0.007 8	0.009 8	0.011 8	0.013 8	0.015 8	0.017 8	0.019 7	0.021 7	0.023 7	0.025 7	0.027 7	0.029 7
9	0.009 9	0.012 5	0.015 0	0.017 5	0.020 0	0.022 5	0.025 0	0.027 5	0.030 0	0.032 5	0.035 1	0.037 6
10	0.012 3	0.015 4	0.018 5	0.021 6	0.024 7	0.027 8	0.030 9	0.034 0	0.037 1	0.040 2	0.043 3	0.046 4
11	0.014 9	0.018 7	0.022 4	0.026 2	0.029 9	0.033 7	0.037 4	0.041 2	0.044 9	0.048 7	0.052 4	0.056 2
12	0.017 8	0.022 2	0.026 7	0.031 1	0.035 6	0.040 1	0.044 5	0.049 0	0.053 5	0.057 9	0.062 4	0.066 9
13	0.020 9	0.026 1	0.031 3	0.036 6	0.041 8	0.047 0	0.052 3	0.057 5	0.062 8	0.068 0	0.073 2	0.078 5

（续表）

D(cm)	H(m)											
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14	0.024 2	0.030 3	0.036 4	0.042 4	0.048 5	0.054 6	0.060 7	0.066 7	0.072 8	0.078 9	0.085 0	0.091 0
15	0.027 8	0.034 8	0.041 7	0.048 7	0.055 7	0.062 7	0.069 6	0.076 6	0.083 6	0.090 6	0.097 5	0.104 5
16	0.031 6	0.039 6	0.047 5	0.055 5	0.063 4	0.071 3	0.079 3	0.087 2	0.095 1	0.103 1	0.111 0	0.118 9
17	0.035 7	0.044 7	0.053 7	0.062 6	0.071 6	0.082 5	0.089 5	0.098 4	0.107 4	0.116 4	0.125 3	0.134 3
18	0.040 1	0.050 1	0.060 2	0.070 2	0.080 3	0.090 3	0.100 3	0.110 4	0.120 4	0.130 5	0.140 5	0.150 6
19	0.044 7	0.055 9	0.067 0	0.078 2	0.089 4	0.100 6	0.111 8	0.123 0	0.134 2	0.145 4	0.156 6	0.167 8
20	0.049 5	0.061 9	0.074 3	0.086 7	0.099 1	0.111 5	0.123 9	0.136 3	0.148 7	0.161 1	0.173 5	0.185 9
21	0.054 6	0.068 3	0.081 9	0.095 6	0.109 3	0.122 9	0.136 6	0.150 3	0.164 0	0.177 6	0.191 3	0.205 0
22	0.059 9	0.074 9	0.089 9	0.104 9	0.119 9	0.134 9	0.149 9	0.164 9	0.179 9	0.195 0	0.210 0	0.225 0
23	0.065 5	0.081 9	0.098 3	0.114 7	0.131 1	0.147 5	0.163 9	0.180 3	0.196 7	0.213 1	0.229 5	0.245 9
24	0.071 3	0.089 2	0.107 0	0.124 9	0.142 7	0.160 6	0.178 5	0.196 3	0.214 2	0.232 0	0.249 9	0.267 7
25	0.077 4	0.096 8	0.116 1	0.135 5	0.154 9	0.174 3	0.193 6	0.213 0	0.232 4	0.251 8	0.271 1	0.290 5
26	0.083 7	0.104 7	0.125 6	0.146 6	0.167 5	0.188 5	0.209 5	0.230 4	0.251 4	0.272 3	0.293 3	0.314 2
27	0.090 3	0.112 9	0.135 5	0.158 1	0.180 7	0.203 3	0.225 9	0.248 5	0.271 1	0.293 7	0.316 3	0.338 9
28	0.097 1	0.121 4	0.145 7	0.170 0	0.194 3	0.218 6	0.242 9	0.267 2	0.291 5	0.315 9	0.340 2	0.364 5
29	0.104 2	0.130 3	0.156 3	0.182 4	0.208 5	0.234 5	0.260 6	0.286 7	0.312 8	0.338 8	0.364 9	0.391 0
30	0.111 5	0.139 4	0.167 3	0.195 2	0.223 1	0.251 0	0.278 9	0.306 8	0.334 7	0.362 6	0.390 5	0.418 4

注:1. 材积方程 $V_q=3.1\times10^{-5}D^2H-0.000\ 102$;2. 实线内数据为所收集样木数据范围。

参 考 文 献

1 陈绪和, 郭焰明. 橡胶木加工利用现状和展望. 世界林业研究, 1994, 7(4): 42～45.

2 CUNIA T. Weighted least square method and construction of volume tables. Forest Science, 1964, (10): 180～191.

3 FURNIVAL G M. An index for comparing equations used in constructing volume tables. Forest Science, 1961, (7): 337～341.

A Volume Table for *Hevea brasiliensis* in Leizhou Peninsular

Zhou Zaizhi　Zheng Haishui　Yin Guangtian　Yang Zengjiang　Chen Kangtai

Abstract　Volume data of 50 rubber trees were fitted by weighted Least Square Method for 16 volume equations. Furnival's index criterion was used to select the best fit equation for overbark and underbark volume. The logarithmic equations adjusted for bias were omitted. The best and final equations used to construct the overbark (V_d) and underbark (V_q) volume tables are $V_d=3.8\times10^{-5}D^2H-0.000\ 063$, and $V_q=3.1\times10^{-5}D^2H-0.000\ 102$. The equations could be used to estimate the aggregate standing volume satisfactorily.

Key words　*Hevea brasiliensis*, weighted least square regression, volume table

Zhou Zaizhi, Assistant Professor, Zheng Haishui, Yin Guangtian, Yang Zengjiang (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF　Guangzhou　510520); Chen Kangtai (Nanhua State Farm, Xuwen County, Guangdong Province).