

研究报告No: 8205

广东南亚热带森林土壤有机质 估测模型初步探讨

刘有美 高茂成

华南农学院森林经理研究室

华南农学院林学系资料室

广东南亚热带森林土壤有机质 估测模型初步探讨*

刘有美 高茂成

提 要

在广东南亚热带的南昆山、鼎湖山和广州石牌调查了包括8种不同森林群落69个标准地的林木、环境和土壤。应用《数量化理论 I》统计分析材料, TRS—80 I 型电子计算机编程计算, 建立了土壤有机质含量、有机质层厚度和林地单位面积有机质保存量三个估测模式(得分表)。植被类型、海拔高、总覆盖度、地形部位、坡向和母岩是模式的主导因子。模式精度达到要求, 实测检验显著有效。应用得分表可直接查算调查地点森林土壤有机质的含量、厚度和单位面积保存量。选出的6个主导因子都属卫片可判读因子, 为进一步开展森林土壤有机质遥感调查打下基础。

前 言

森林土壤有机质是林地土壤肥力的基础, 无论是造林、更新或森林的生态学研究, 都需要了解土壤有机质状况。但是, 完成有机质的调查测试工作, 常常要耗费很大的人力、财力和时间, 且数据运用不及时, 不利于外业工作, 因此, 简便的快速测定方法是长期以来人们所盼望的事。

土壤有机质的形成和积累主要为生物、气候和地形条件所制约〔²〕, 森林土壤有机质的质量与数量都与这三个环境条件有着天然的联系, 通过大量的样本分析、运用数量化研究手段、籍助计算机的功能, 完全可以找出有机质与环境因子之间的定量关系。去年九月以来, 我们在广东南亚热带林区龙门县南昆山, 高要县鼎湖山和广州石牌等地, 调查分析了69个标准地材料, 另在省国营油田林场等地调查了28个标准地供实测检验用, 运用《数量化理论 I》和 TRS—80 I 型计算机编程计算, 试图在土壤有机质含量、有

*本文数理统计和电算承何昭珩、李英才老师指导, 并得到黄金龙、赵崇军同志的协助, 一并致谢! 参加调查分析和计算工作的还有本院林业专业77级毕业生张炼辉、李采春、谭新生、杨森荣。

测试的人力物力，提高工作效率。

机质层厚度和每公顷林地有机质保存量三个方面分别建立数学模式，以便森林调查时能现场判断不同植被群落、不同海拔和不同地形条件下有机质的上述三项指标，节省调查

其次，在交通不便、面积宽广的森林区，遥感调查也是今后土壤调查的方向，为此，我们把所研究的影响土壤有机质形成与积累的环境因子限制在卫片可判读的范围之内，使选出的主导因子都为卫片可直接判读因子，为研究结果进一步与遥感调查相结合创造条件。

一、研究方法

(一) 标准地调查和土壤分析

在调查区内的不同地形、不同海拔和不同森林群落下共设标准地89个，调查项目有：

1. 森林因子

(1) 植物群落及其主要组成：分山顶矮林草甸，阔叶林（包括亚热带常绿阔叶林和南亚热带季雨林），毛竹林，杉木林，马尾松林，针阔混交林，稀松灌丛和亚热带草坡八个类型，植物组成见附表（1）。

(2) 植物（乔、灌、草）高：分5米以下、5—10米，10—15米，15米以上四级。

(3) 总覆盖度：用乔木层郁闭度与灌草层覆盖度之和表示，并分50%以下，50—100%，100—150%，150%以上四级。

(4) 枯落物量：称量标准地内三处1米²的枯枝落叶量湿重，并取样测定水分求干重，取平均值代表林地枯落物量（克/米²），也分250克/米²以下，250—500克/米²，500—1000克/米²，1000克/米²以上四级。

2. 环境因子

(1) 海拔高：分250米以下，250—500米，500—700米，700—1000米，1000米以上五级（广东南部大陆山地多在1200米以下）。

(2) 地形部位：分山顶、山坡、山谷和山脚四类。

(3) 坡度：分30°以上，20—30°，20°以下三级。

(4) 坡向：分东和东北，南和东南，西和西南，北和西北四类。

(5) 母岩：分花岗岩类、沙砾岩类、页岩类四种。

3. 土壤因子

(1) 土壤有机质层（黑土层）厚度（厘米）。

(2) 黑土层内有机质含量（%）。

(3) 土壤容重（克/厘米³）。

(4) 单位面积有机量保存量（吨/公顷）。

保存量 = 面积 × 黑土层厚度 × 容重 × 有机质%

〔注：69个标准地调查结果略附。〕

(二) 数学模式

运用数量化理论 I 建立综合数学模式, 对森林土壤有机质含量、积累厚度和单位面积保存量进行定量预报。

设因变量 y 依赖于自变量 X_j ($j = 1, 2, \dots, m$), m 为自变量总个数。 X_j 在反应表中称项目, 非数量化项目按需要和可能分为若干类别, 数量化的项目也按需要与可能分为若干等级, 分出的类别和等级在反应表中称类目。每个项目 (X_j) 可分 r_j 类 ($r_j \geq 2$), 则所有项目的类目数总和 (P) 可表达为:

$$P = \sum_{j=1}^m r_j$$

可得反应表模型为

$$X = \begin{bmatrix} \delta_1(1,1) \cdots \delta_1(1,r_1) \cdots \delta_1(m,1) \cdots \delta_1(m,r_m) \\ \delta_2(1,1) \cdots \delta_2(1,r_1) \cdots \delta_2(m,1) \cdots \delta_2(m,r_m) \\ \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \quad \quad \quad \vdots \\ \delta_n(1,1) \cdots \delta_n(1,r_1) \cdots \delta_n(m,1) \cdots \delta_n(m,r_m) \end{bmatrix}$$

$\delta_i(j,k)$ 为第 i 个样本在第 j 项目第 k 类目的反应。

$$\delta_i(j,k) = \begin{cases} 1 & \text{(当第 } i \text{ 样本第 } j \text{ 项目的定性数据为 } k \text{ 类目时)} \\ 0 & \text{(否则)} \end{cases}$$

反应表是数量化方法的基础, 它为我们提供了必要的信息, 后面一系列运算都是在处理这些信息的基础上开展的。假定基准变量 (依变量) 与各项目、类目的反应遵从下列线性模型:

$$Y_i = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j,k) C_{jk} + \varepsilon_i \cdots \cdots (1)$$

$i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, r_j$ 。

C_{jk} 是仅依赖于 j 项目之 k 类目的常系数, 即为得分, ε_i 是第 i 次抽样中的随机误差。应用最小二乘法求 C_{jk} , 使得总编差

$$q = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n \left[y_i - \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \delta_i(j,k) C_{jk} \right]^2 \cdots \cdots (2)$$

达到最小。为此, 应求 q 关于 b_{uv} 的偏导数并令其等于 0, 这是极小值点的必要条件。如

记 $\hat{C}_{jk}$ 为 q 达到最小值的 C_{jk} , 则 $\hat{C}_{jk}$ 应满足

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{r_j} \left[\sum_{i=1}^n \delta_i(j,k) \delta_i(u,v) \hat{C}_{jk} \right] = \sum_{i=1}^n \delta_i(u,v) y_i, \cdots \cdots (3)$$

$u = 1, 2, \dots, m; \quad V = 1, 2, \dots, r_u$ 。

如用矩阵形式表示, 则 (3) 式可写成

$$X'X\hat{C} = X'y, \dots\dots\dots (4)$$

X 为反应矩阵

X' 为X的转置矩阵

$\hat{C}$ 是 $\hat{C}_{jk}$ 为分量的列向量

Y是以依变量 y_i 为分量的列向量, (3) 和 (4) 即为正规方程组。令:

$$X'X = A \quad X'y = B$$

则 (4) 式可表达为 $A\hat{C} = B$, 则可得正规方程组为:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1p} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2p} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{p1} & a_{p2} & \dots & a_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{C}_1 \\ \hat{C}_2 \\ \vdots \\ \hat{C}_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_p \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

上式系数矩阵A常为满秩, 因而可以唯一地解出 $\hat{C}_{jk}$, 从而完成对 X_j 的数量化。解上列线性方程组, 即为项目类目的初次得分, 再根据得分范围 ($\text{Range}(i) = \text{Max } \hat{b}_{ij} - \text{Min } \hat{b}_{ij}$) 的大小结合专业知识选取主要因子, 依上法再求解主要因子的类目得分作为估测的依据。

三、结论

(一) 建立了有机层厚度 (Y_1)、有机质含量 (Y_2) 和单位面积有机质保存量 (Y_3) 三个估测模式 (得分表)。

69个标准地调查所得九个因子的数据资料经数量化理论I统计分析, 初次得分见附表 (2), 得分的范围 (range) 值和次序见表1

表1 估测模式 (Y_i) 的项目得分范围值和次序

项目 (X_j)	Y_1		Y_2		Y_3	
	得分范围	次序	得分范围	次序	得分范围	次序
地形部位	10.13	4	2.57	4	60.62	4
坡 向	2.68	8	1.16	6	10.64	6
海 拔 高	33.03	2	11.47	1	84.55	1
母 岩	8.59	5	0.91	7	31.48	5
植被类型	39.41	1	10.86	2	81.89	2
植 物 高	7.38	7	1.38	5		
总 盖 度	12.57	3	8.39	3	70.00	3
枯落物量	8.04	6	0.16	9		
坡 度	0.58	9	0.51	8		

表2 森林土壤有机质估测得分表

调查因素	类目标	估测项(有机质土层)		
		厚度(cm)	含量(%)	保存量(吨/公顷)
植被类型	亚热带草坡	0.00	0.0000	0.000
	松栎疏林灌丛	2.10	0.5590	11.779
	松林	-7.86	1.0257	-10.577
	杉木林	-5.94	1.9097	-7.334
	毛竹林	16.10	-0.4237	53.945
	针阔混交林	-6.04	0.4070	-27.947
	阔叶林	2.55	0.3499	17.255
	山顶矮林草甸	-74.11	16.9903	-8.919
海拔高	250M以下	0.00	0.0000	0.000
	250—500M	-2.53	0.6380	-3.296
	500—700M	8.92	1.5620	50.385
	700—1000M	10.88	1.2904	55.311
	1000M以上	82.09	-14.3215	81.256
总盖度	50%以下	0.00	0.0000	0.000
	50—100%	-59.66	18.4188	63.894
	100—150%	-58.84	18.8384	69.088
	150%以上	-61.00	19.6000	70.000
地形部位	山脚	61.82	-17.0940	-87.703
	山谷	70.78	-15.2280	-28.351
	山坡	68.73	-15.2055	-31.618
	山顶	69.11	-14.6535	-27.087
坡向	东、东北	/	0.0000	0.000
	南、东南		-0.9861	-9.805
	西、西南		-0.8724	-3.268
	北、西北		-0.7613	0.830
母岩	花岗岩类	0.00	/	0.000
	砂砾岩类	9.11		31.483
	页岩类	6.68		19.558

根据表1中三个估测模式(Y_i)各项目(x_j)得分范围大小的次序,并考虑因子在卫片上是否容易判读,取范围值大的前几个因子。其中有机质层厚度(Y_1)取1、2、

3、4、5；有机质含量 (Y_2) 取 1、2、3、4、6，因 5 与 6 范围值差不多，但卫片上 5 较 6 难判读；单位面积保存量 (Y_3) 取 1、2、3、4、5、6。然后用上述选出因子分别对三个模式再求一次 b_{jk} ，得分即为估测模式，见表 2。

(二) 模式精度较高，实测检验有效。

复相关系数 (R_m) 可表明估测值与实测值 (y_i) 之间的相关紧密程度，剩余均方 (δ) 可反映估测的精度。

$$R_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad \delta = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n-k-1}}$$

三个模式的相关系数和剩余均方见表 3。由表 3 可见：三个模式的复相关系数都大于 0.01 水准上的 r 值 (3.10)，说明估测值与实测值的关系极密切。

为了验证应用得分表估测的实际有效性，分别在国营油田林场调查 10 个杉木林标准地，龙门县永汉公社调查 10 个疏松灌丛标准地和开平县东山林场调查 8 个荷木马尾松混交林标准地 (*) 共 28 个实测材料附表 (3) (4) 进行检验，即用 Y 的理论值与实际调查测定值的平均偏差 (S_o) 跟模式的剩余均方相比较来衡量模式实际应用的有效性，也见表 3

$$S_o = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\text{实}} - Y_{\text{理}})^2}{n-k-1}}$$

$$n=28, K=5$$

表 3 模式的复相关系数，剩余均方和实测检验平均偏差

检 验 项 目	Y (厚度)	Y (含量)	Y (保存量)
复相关系数 (R_m)	0.8772	0.8090	0.8809
剩余均方 (δ)	4.28	0.9441	20.414
$Y_{\text{实}}$ 与 $Y_{\text{理}}$ 平均偏差 (S_o)	4.612	0.9202	16.69

$$r_{0.01} (69 \rightarrow 6) = 0.457$$

S_o 与 δ 非常接近，说明模式估测值与实际调查检验值无差异，建立三个模式可以使用。

(*) 荷木、马尾松混交林标准地材料由造林教研室混交林研究组提供。

(三)、得分表使用方便, 节省人力物力

得分表使用方法如下:

1. 在标准地(或目的地段)通过目测, 判读出表内所指的5—6个调查因子的类目指示, 必须有代表性, 其中总复盖度=乔木层郁闭度+灌草层复盖度。坡向的“东和东北”为同一类目。

2. 由表查出估测项的相对应的类目指标数据, 同一估测项的读出数据相加之和即为估测值。

例: 某标准地测得植被类型为马尾松疏林灌丛, 海拔高<250米, 总复盖度50—100%, 地形部位为山脚, 坡向南, 母岩为砂岩, 则林地土壤有机质

(1) 厚度 = $2.10 + 0 - 59.66 + 61.82 + 9.11 = 13.77$ (厘米)

(2) 含量 = $0.5590 + 0 + 18.4188 - 17.0940 - 0.9861 = 0.8977\%$ 。

() 仟重量 = $11.7 + 0 + 63.8735 - 87.7029 - 9.8051 + 31.4833 = 9.63$ (吨/公顷)。

(四)、为进一步开展森林土壤有机质遥感调查打下基础

通过进一步的研究, 只要能测得各选出因子的地面光谱, 得分表便可以成为卫片进行间接判读的工具, 森林复被下的土壤有机质遥感调查便可望能够实现。

参 考 文 献

(1) 董文泉、周光亚、夏立显、1979, 数量化理论及其应用, 1—32, 吉林人民出版社。

(2) M、M科诺诺娃1966, 土壤有机质, 131—145, 科学出版社

附表 (1) 植被类型及主要植物组成

植被类型	海拔 (米)	主 要 植 物
山 顶 矮林草甸	1210 1050	卵叶杜鹃, 吊钟, 灰木, 五节芒, 纤毛鸭嘴草, 鹧鸪草, 芒箕, 地稔。
阔 带常 绿阔 叶 叶林	1050 550	多穗槲, 光叶槲, 甜锥, 长叶木姜, 罗浮锥, 荷木, 美叶槲, 边心石斑, 泡叶槲, 箬叶竹, 广东黄杞, 川桂, 赤楠蒲桃, 光叶铃, 红花荷, 阿丁枫, 米锥, 硬叶铃, 狗牙锥, 黄樟, 网脉山龙眼。
林 亚热 带季 雨林	550 200	光叶红豆, 吊皮锥, 短序楠, 杖枝省藤, 小叶胭脂, 大叶青冈, 广东蒲桃, 九节木, 竹柏, 厚壳桂, 毛锥, 东南野桐, 密花树, 青蓝木, 卷边伞, 狗牙锥, 台湾相思。
针 阔 混交林	400 150	马尾松, 杉木, 荷木, 黎蒴, 锥栗, 九节木, 三叉苦, 野牡丹, 芒箕莎草, 五节芒, 淡竹叶, 芒。

毛竹林	750 400	毛竹、芒箕、纤毛鸭咀草, 阿罗卷柏, 淡竹叶, 斑茅。
杉 林	700 200	杉木, 芒箕, 莎草, 五节芒。
松 林	700 250	马尾松, 芒箕, 桃金娘, 荷木, 小叶胭脂, 光叶红豆, 光叶稠, 阿丁枫
稀树 灌丛 *	300 以下	马尾松, 按树, 芒箕, 桃金娘, 岗松, 枫香, 杨梅, 拟赤杨, 匙叶楠。
亚热带 草坡	150 以下	桃金娘, 芒箕, 岗松, 鹧鸪草, 纤毛鸭嘴草。

*上层林木郁闭度小于0.3

中——拉植物名对照

台湾相思	<i>Acacia confusa</i> Merr.
拟赤杨	<i>Alniphyllum fortunei</i> (Hemsl.) Perk.
阿丁枫	<i>Altingia chinensis</i> (Champ.) , Oliv.
卷边罗伞	<i>Ardisia</i> sp.
小叶胭脂	<i>Artocarpus styracifolius</i> Pierre
岗松	<i>Baeckea frutescens</i> L.
杖枝省藤	<i>Calamus rhabdocladus</i> Burret
米锥	<i>Castanopsis carlesii</i> (Hemsl.) Hay
锥栗	<i>C. chinensis</i> Hance
甜锥	<i>C. eyrei</i> (Champ, ex Beuth.) Tutch.
罗浮锥	<i>C. fabri</i> Hance
黎蒴	<i>C. fissa</i> R.&W.
毛锥	<i>C. fordii</i> Haunce
狗牙锥	<i>C. lamontii</i> Hance
吊皮锥	<i>C. kawakamii</i> Hay.
黄樟	<i>Cinnamomum parthenoxylon</i> (Jack) Nees
川桂	<i>C. wilsonii</i> Gamble
厚壳桂	<i>Cryptocarya chinensis</i> Hemsl.
杉木	<i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.
大叶青冈	<i>Cyclobalanopsis handeliana</i> (Hand.-Mazz.) Chan
莎草	<i>Cyperus rotundus</i> L.
芒箕	<i>Dicranopteris linearis</i> (Burm.) Underw. var. <i>dichotoma</i> (Thunb.) Holtt.

广东黄杞	<i>Engelhardtia fengellii</i> Merr.
吊钟	<i>Enkianthus quinqueflorus</i> Lour.
鹧鸪草	<i>Eriachne pallescens</i> R.Br.
桉树	<i>Eucalyptus</i> sp.
光叶柃	<i>Eurya nitida</i> Korth.
三叉苦	<i>Evodia lepta</i> (Spreng.) Merr.
网脉山龙眼	<i>Helicia reticulata</i> W.T.Wang
箬叶竹	<i>Indocalamus longiauritus</i> Hand.-Mazz.
纤毛鸭咀草	<i>Ischaemum ciliare</i> Retz.
枫香	<i>Liquidambar formosana</i> Hance
美叶稠	<i>Lithocarpus calophyllus</i> Chun ined.
泡叶稠	<i>L. haipingii</i> Chun
光叶稠	<i>L. hancei</i> (Benth.) Rehd
多穗稠	<i>L. polystachyas</i> (DC.) Rehd.
长叶木姜	<i>Litsea elongata</i> (Wall. ex Nees) Benth. et Hook.f.
淡竹叶	<i>Lophatherum gracile</i> Brongn.
短序楠	<i>Machilus breviflora</i> (Benth.) Hemsl.
匙叶楠	<i>M. glaberrima</i> S. Lee
东南野桐	<i>Mallotus lianus</i> Croiz.
野牡丹	<i>Melastoma candidum</i> D.Don
地稔	<i>M. dodecandrum</i> Lour.
展毛野牡丹	<i>M. normale</i> D.Don
五节芒	<i>Miscanthus floridulus</i> (Labill.) Wesb.
芒	<i>M. sinensis</i> Andeorss.
杨梅	<i>Myrica rubra</i> sieb. et zucc.
光叶红豆	<i>Ormosia glaberrima</i> Wu
边沁石斑	<i>Photinia benthamiana</i> (Hance) Maxim.
毛竹	<i>Phyllostachys pubescens</i> Mazel ex H. de Lehaie
马尾松	<i>Pinus massoniana</i> Lamb.
竹柏	<i>Podocarpus nagi</i> (Thunb.) Zoll. et Mor. ex Zoll
九节木	<i>Psychotria rubra</i> (Lour) Poir.
密花树	<i>Rapanea neriifolia</i> (S. & Z.) Zey
卵叶杜鹃	<i>Rhododendron mariesii</i>
红花荷	<i>Rhodoleia championi</i> Benth.
桃金娘	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Ait.) Hassk.
斑茅	<i>Saccharum arundinaceum</i> Retz.
荷木	<i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.

阿罗卷柏	<i>Selaginella</i> Sp.
灰木	<i>Symplocos</i> sp.
赤南蒲桃	<i>Syzygium buxifolium</i> Hook. et Arn.
广东蒲桃	<i>S.kwangtungense</i> (Merr.) Merr. et perry
青蓝木	<i>Xanthophyllum hainanense</i> Hu

附表 (2)

有机质层厚度、含量和保存量初次得分

项 目	类 目	cij	Y (厚度) CM	Y(含量)%	Y (保存量) 吨/公顷
地形部位	山脚 山脊 山坡 山顶	c11	7.84218	19.6732	-87.703
		c12	10.2528	29.8011	-28.351
		c13	10.0319	27.7411	-31.618
		c14	10.4130	28.7479	-27.087
坡 向	东、东北 南、东南 西、西南 北、西北	c21	0	0	0
		c22	-1.11246	-1.7050	-9.805
		c23	-0.92924	-1.8835	-3.268
		c24	-1.16484	0.7946	0.830
海 拔 高	250m以下	c31	0	0	0
	250—500M	c32	0.25588	-2.3020	-3.296
	500—700M	c33	0.96832	6.7768	50.385
	700—1000M	c34	0.26227	12.4821	55.311
	1000M以上	c35	11.4681	30.7247	81.256
母 岩	花岗类岩	c41	0	0	0
	砂砾岩类	c42	-0.91114	8.5915	31.483
	页岩类	c43	-0.45168	7.1212	19.558
植 被 类 型	亚热带草坡	c51	0	0	0
	疏树灌丛	c52	1.1779	2.4649	11.779
	松 林	c53	2.47077	-12.509	-10.577
	杉 林	c54	2.94309	-11.8493	-7.334
	毛 竹 林	c55	0.43140	12.9589	53.945
	针阔混交林	c56	1.86336	-10.081	-27.947
	阔 叶 林	c57	1.80235	-3.0346	17.255
	山顶矮林草甸	c58	-7.91194	-26.4538	-8.919
植 物 高	15m以上	c61	0	0	—
	15—10M	c62	0.33868	0.2716	
	10—5M	c63	0.78212	1.2032	
	5M以下	c64	1.38571	-6.1808	
总 盖 度	50%以下	c71	0	0	0
	50—100%	c72	-8.38701	-11.3358	63.894
	100—150%	c73	-7.61832	-12.5089	69.088
	150%以上	c74	-6.92518	-12.5688	70.000
枯落物量	250g/M ² 以下	c81	0	0	—
	250—500g/M ²	c82	0.07495	0.2904	
	500—1000g/M ²	c83	-0.05069	1.043	
	1000g/M ² 以上	c84	-0.08881	8.0403	
坡 度	20°以下	c91	0	0	—
	20—30°	c92	0.50559	-0.3034	
	30°以上	c93	0.49684	-0.5792	

附表 (3) 实测检验标准地调查表

采土地点	编号	标地号	X ₅ 植被类型	X ₆ 海拔高 (米)	X ₇ 总盖度 (%)	X ₁ 地形部位	X ₂ 坡向	X ₄ 母岩
广东省 国营 油田 林场	1	油-1	杉木林	200	130	山坡	东	页岩
	2	油-2	杉木林	200	110	山坡	东北	页岩
	3	油-3	杉木林	200	140	山坡	东北	页岩
	4	油-4	杉木林	190	130	山坡	东南	页岩
	5	油-5	杉木林	210	125	山坡	东南	页岩
	6	油-6	杉木林	200	135	山坡	东南	页岩
	7	油-7	杉木林	190	130	山坡	东南	页岩
	8	油-8	杉木林	210	130	山坡	东北	页岩
	9	油-9	杉木林	190	120	山坡	东北	页岩
	10	油-10	杉木林	210	135	山坡	东北	页岩
龙门县 永汉公社	11	永-1	马尾松疏林灌丛	160	90	山坡	南	砂岩
	12	永-2	马尾松疏林灌丛	160	90	山坡	南	砂岩
	13	永-3	马尾松疏林灌丛	160	75	山坡	东南	砂岩
	14	永-4	马尾松疏林灌丛	150	85	山坡	西南	砂岩
	15	永-5	马尾松疏林灌丛	150	85	山坡	南	砂岩
	16	永-6	马尾松疏林灌丛	155	90	山坡	东南	砂岩
	17	永-7	马尾松疏林灌丛	150	95	山坡	东南	砂岩
	18	永-8	马尾松疏林灌丛	150	90	山坡	南	砂岩
	19	永-9	马尾松疏林灌丛	145	100	山坡	东南	砂岩
	20	永-10	马尾松疏林灌丛	145	90	山坡	东南	砂岩
开平县 东山 林场	21	东-1	松荷混交林	230	140	山坡	东南	砾岩
	22	东-2	松荷混交林	150	150	山坡	东	砾岩
	23	东-3	松荷混交林	240	165	山坡	东南	砾岩
	24	东-4	松荷混交林	220	175	山坡	东	砾岩
	25	东-5	松荷混交林	230	115	山坡	东	砾岩
	26	东-6	松荷混交林	260	90	山坡	东	砾岩
	27	东-7	松荷混交林	220	160	山坡	南	砾岩
	28	东-8	松荷混交林	250	150	山坡	南	砾岩

附表(4) 实测检验计算表

地点	Y ₁			Y ₂			Y ₃		
	Y实	Y理	Y实—Y理	Y实	Y理	Y实—Y理	Y实	Y理	Y实—Y理
国营油田林场杉木人工林	12	10.7	1.3	4.4863	5.5426	-1.0563	50.076	49.693	0.374
	14	13.1	0.9	4.0244	5.5426	-1.5182	64.229	61.618	2.611
	12	13.1	-1.1	4.8757	5.5426	-0.6669	56.168	61.618	-5.45
	11	13.1	-2.1	3.5592	4.5565	-0.9973	36.019	51.813	-15.794
	16	13.1	2.9	4.9278	4.5565	0.3713	63.076	51.813	11.263
	15	13.1	1.9	5.1264	4.5565	0.5699	63.055	51.813	11.242
	14	13.1	0.9	5.6033	4.5565	1.0468	72.171	51.813	20.358
	14	13.1	0.9	3.5140	4.5340	-1.02	45.596	43.155	2.441
	10	12.8	-2.8	4.4811	5.5201	-1.039	48.844	52.960	-4.116
	12	12.8	0.8	4.4908	5.5426	-1.0518	51.195	52.960	-1.765
龙门县永汉公社疏松灌丛	8	11.19	3.19	2.7015	2.7862	-0.0847	26.1507	34.2597	-8.109
	9	11.19	-2.19	2.2128	2.7862	-0.5734	26.4867	34.2597	-7.773
	4	11.19	-7.19	2.4558	2.7862	-0.3304	10.7067	34.2597	-23.553
	8	11.19	-3.19	1.5345	2.8999	-1.3654	17.432	40.797	-23.365
	14	11.19	2.81	1.9367	2.7862	-0.8495	34.7057	34.2597	0.446
	13	11.19	1.81	2.1683	2.7862	-0.6779	7.969	34.2597	-26.291
	5	11.19	-6.19	1.7496	2.7862	-1.0366	11.285	34.2597	-22.975
	5	11.19	-6.19	2.7138	2.7862	-0.0724	17.097	34.2597	-17.163
	12	11.19	0.81	2.3593	2.7862	-0.4269	28.878	34.2597	-5.382
	8	11.19	-3.19	2.8108	2.7862	0.0246	24.06	34.2597	-10.2
开平县东山林场松荷混交林	19	13	6	4.794	3.0538	-0.6788	26.1508	41.0058	-14.855
	14	12.2	2.8	3.44	4.0399	-1.2099	55.642	58.3755	-2.7335
	18	10.8	7.2	1.84	3.8154	-1.6954	42.3576	41.918	0.4396
	17	10.8	6.2	2.72	4.8015	-2.0815	39.1816	41.918	-2.7364
	12	11.2	0.8	2.074	4.0399	-1.9659	22.752	58.3797	-35.6277
	18	10.4	7.4	1.83	3.8513	-2.0213	40.977	53.1812	-12.2042
	12	11.2	0.8	3.054	3.8154	-0.7614	30.0434	48.5746	-18.5312