

湖南省平原湖区
三杉二元立木材积表
编制报告

湖南省平原湖区
三杉二元立木材积表编制小组
一九九一年四月

课题负责人： 欧福云（湖南省森保局）
梁桂萼（常德市林业局）
胡干才（益阳地区林业局）

主要研究人： 罗贤坤（湖南省森保局）
蒋叔介（常德市林业局）
龙新毛（湖南省森保局）
黄德旺（岳阳市林业局）
万克丰（湖南省森保局）
胡干才（益阳地区林业局）



前 言

湖南省平原湖区三杉二元立木材积表的编制，是省林业厅于1988年下达的研究课题，由省森保局和常德、益阳、岳阳三个地市的林调队共同协作完成。在12个县、市、农场选择标准地（面积为0.06公顷）75块，每块样地选取两株平均样本作树干解析，共计151株，利用微机对多个公式作回归计算分析后，在安乡、汉寿、华容县及钱粮湖、屈原农场等8个县、场测设检验样地15块，检测样本446株，作为检验样本，由计算机对满足计算精度要求的各个公式进行适应性检验，以部颁公式计算材积与实测材积的相对误差小于3%为标准，确定误差为-0.71%的公式：

$$V = 0.00579049605 + 0.00006609324D^2H - 0.00000046921D^3H \\ - 0.000183033917D^2 - 0.000003192879D^2H \lg D$$

作为三杉二元立木材积表的编表公式，我们认为该表能满足科研生产的要求，建议推广使用。

由于我们经验不足，首次利用微机作数据处理编表，如有不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

1991·8

资 料 目 录

湖南省平原湖区三杉二元立木材积表编制报告.....	(3)
湖南省平原湖区三杉二元立木材积表.....	(17)
编制三杉二元立木材积表的实施方案.....	(18)
编表流程图.....	(24)
各方程式误差显著性检验表.....	(25)
三杉材积表检验结果.....	(27)
解析木因子一览表.....	(28)

湖南省平原湖区

三杉二元立木材积表编制报告

一、问题的提出

在我省平原湖区，人们将水杉、池杉、落羽杉统称为三杉，由于其生长快，成材早，材质好，而且耐水湿等优良特性而受到湖区人民的欢迎。自六十年代引种至今，在我省平原湖区已经广泛栽培，成为农田防护林带、林网及防浪护岸林的主要树种。据“六五”森林资源二类调查统计，湖区用三杉造林已达6985万株，约有面积63.5万亩，蓄积72.5万立方米，其中水杉占湖区三杉的95%以上。

虽然三杉在湖区栽培广泛，品质良好，前景广阔，但作为有关三杉调查、研究所必需的重要数表——材积表，却一直套用异地杉木材积表（湖区杉木林很少，没有本地杉木材积表），据益阳地区林调队多年积累的资料，使用异地杉木材积表在材积计算上产生的误差达10%左右，根本不能满足林业科研、生产的需要。为弥补这一空白，我们拟定编制《湖南省平原湖区三杉二元立木材积表》。

水杉、池杉、落羽杉三个树种同属杉科，均为落叶乔木，有相近的生物学习性和特征，如都具有喜光、喜湿润、较耐寒、耐水湿、生长快、成林早的特性等。通过对水杉、池杉、落羽杉的

形率系列和干形指数两项干形指标的研究分析（见表一），水杉和池杉的干形非常接近，落羽杉的干形较之尖削度稍大。因目前湖区的落羽杉数量很少，水杉、池杉占的比重大，所以我们将三个树种合编一个材积表（见附录一）。

表一、 三杉干形分析表

树 种	$q_{1/4}$	$q_{1/2}$	$q_{3/4}$	r_1	r_2
水 杉	0.87395	0.68025	0.40240	1.2430	1.5302
池 杉	0.88810	0.70946	0.42068	1.1702	1.5011
落羽杉	0.91750	0.66325	0.37843	1.4090	1.6314

注：表中 $q_{1/4}$ 、 $q_{1/2}$ 、 $q_{3/4}$ 分别为树干各相对高处的形率， r_1 为树干1/4高处至1/2高处的形状指数， r_2 为树干1/2高处至3/4高处的形状指数。

二、自然条件

洞庭湖区位于我省的北部，其地理位置为北纬 $27^{\circ}58'$ ~ $30^{\circ}20'$ ，东经 $110^{\circ}40'$ ~ $113^{\circ}45'$ ，包括临湘、华容、湘阴、岳阳、益阳、南县、沅江、常德、安乡、澧县、临澧、汉寿、桃源、望城等14个县及益阳、岳阳、常德、汨罗、津市五市和境内15个国营农场，总面积为4742万亩，占全省面积的15%。

洞庭湖区北临长江，东南西三面为低山丘陵岗地所环抱，呈一碟形盆地，盆周最高海拔1104.2米，最低点为23米，相对高差

1081.2米，境内湖泊平原为2060万亩，占总面积的43%，其余为丘岗、山地。

该区地处中亚热带向北亚热带过渡地带，气候温和、四季分明、热量充足、雨水集中。但春季寒潮频繁、夏季炎热高温、秋季干旱少雨、冬季严寒冻害。境内年平均温度 $16.4\sim 17^{\circ}\text{C}$ ，1月平均气温 4.2°C ，最低气温在 -13°C 左右，7月平均温度在 29.5°C 左右，最高气温达 43.6°C ，大于 10°C 的积温 $5200\sim 5500^{\circ}\text{C}$ ，无霜期 $258\sim 275$ 天，年平均日照时数 $1610\sim 1850$ 小时，年降雨量一般 $1200\sim 1300$ 毫米。

境内成土因素较复杂，滨湖平原是长江和四水近代冲积平原，以河、湖沉积物发育的潮土和水稻为主，土层深厚、土壤肥沃、质地疏松，地下水位高。低山丘岗以第四纪红色粘土母质和板页岩、砂岩、石灰岩等发育的红壤为主，质地粘，偏酸性。

湖区水网密布，西、南部有湘资沅澧四水汇注，北面有长江四口流入，每年6~9月出现两次洪峰，涝渍是该区的主要自然灾害。

三、林业生产概况

湖区历来少林，过去称“鸟无落脚树，人无遮阴处”，仅四旁零星生长着旱柳、枫杨、重阳木等，历史上无林业生产的习惯。

解放后湖区的林业生产有了较大的发展，五十年代中期，湖

区开始四旁植树造林，以种植旱柳、枫杨、苦楝等乡土树种为主，国营大通湖、金盆农场开始引进水杉。六十年代初在四旁绿化的同时，开始在大堤外营造防浪林，在渠道上植单行林带的农田防护林，造林树种除乡土树种外，还引进了香椿、臭椿、喜树、泡桐、水杉等。至七十年代，湖区的林业发展较快，主要结合农田基本建设，在渠道上大力植树造林，但由于盲目引种，不适地适树，栽植不当，产生的效益很低。

自1976年以来，湖区人民总结了经验，逐步认识了适地适树，合理种植的重要性，根据地形、气候特点和立地条件合理组织林带林网的结构和树种配置，在外湖、河滩、渠旁成片状或带状营造了三杉、意大利杨为主的速生丰产林，形成了多层次、多种效益的防护林体系，有效地改变了湖区的生态环境，促进了农牧副渔的发展。

四、三杉的生长

湖区营造的三杉林一般4~5年成林，8~10年成材，15年左右即可采伐利用。据湖南省林科所对其在湖区各地设的12处试验点调查，三杉无论是试验林、丰产林还是一般造林，不论是片状或是带状造林，其年平均树高、胸径和每亩蓄积生长量都超过“1”，达到了部颁速生丰产林标准，尤以水杉和池杉的生长为好，表二列出该所试验点调查的三杉生长情况。

表二、 三杉年均生长情况

树 种	胸径 (厘米)	树高 (米)	亩蓄积年平生长(米 ³)
水 杉	1.05	1.15	1.7986
池 杉	1.11	1.50	1.4594
落 羽 杉	0.84	1.47	1.3393

五、收集原始数据

1988年,省林业厅下达了编制三杉材积表的研究课题任务,由省森保局组织,制订了《编制三杉二元立木材积表实施方案》(见附录二)。根据《实施方案》的规定,在常德、益阳、岳阳三个地市按三杉蓄积权重分配到县、场,选择不同的立地类型各作25块面积为0.06公顷的方形调查样地,对每一样地进行全林实测后,选取两株平均木作树干解析,共计解析木151株(见附录六),样地的分布情况及各树种解析木的数量列于表三。

表三、 样地分布及解析木统计表

单位	标准地数	解析木株数				分 布 地 点
		合计	水杉	池杉	落羽杉	
安乡县	10	20	11	5	4	安丰、安生、安尤、安福、安武、黄山林场、林科所
鼎城区	5	11	9	2		西洞庭、西湖、中河口、洞庭乡、林科所、蒿子港
汉寿县	5	10	8	2		岩汪湖、鸭子港、云台山、林科所
澧 县	5	10	8	2		七里湖、官垸、九垸、如东、七里湖农场
沅江县	13	26	19	7		大同、草尾、漉湖、共华、新华、三码头
南 县	10	20	19	1		荷花、中鱼口、三仙湖、尤港、下紫、金盆、林科所
益阳县	2	5	5			凤凰湖、农场
华容县	11	21	18	3		景港、黄湖山、新河、潘家、新建、鱿鱼须、注滋口
君山农场	2	5	3	2		林科所、二分场
屈原农场	2	4	2	2		三分场、磊石
黄盖湖	1	1	1			高家墩
钱粮湖	9	18	10	8		一、二、三、五、六分场
合 计	75	151	113	34	4	

解析木的外业处理方法为：树高在10米以上，以2米区分，树高在10米以下，以1米区分，园盘量测以2年为龄阶，量测值精确到小数点后一位。

六、数据处理

对151株解析样木数据资料进行整理分析后，剔除了4株外业量测有误的样木数据，将其余147株样木的园盘量测数据输入到计算机中进行处理。

计算机程序的工作流程为：打开解析木原始数据库，对每一样木作生长过程表各项内容的计算（计算样木各龄阶的树高采用了成子纯教授提出的各龄阶加半年确定树高曲线的处理方法）并打印输出（结果表略）。同时，根据原始记录和计算结果在屏幕上绘出树干纵剖面图及胸径、树高、材积的总生长量、连年生长量和平均生长量图（亦可硬拷贝到打印机上），在确认数据准确无误后，通过程序中设置的数据转换功能，抽出胸径大于5.0厘米的各龄阶的胸径、树高和材积值，形成以胸径、树高、材积为数据组的编表样本数据库，该样本数据库共包含有757组数据，数据在各径阶上的分布见表四。

表四、 数据在各径阶的分布

径 阶	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	合 计
数据组数	45	65	94	104	125	99	60	45	35	29	26	12	6	3	2	2	2	2	1	757

我们在程序中设置了八个二元材积方程式，以菜单的方式在屏幕上列出，可任意选择用来对样本进行了回归拟合。各公式如下：

$$(1)、V = a_0 + a_1 D + a_2 D^2 + a_3 DH + a_4 D^2 H + a_5 H$$

$$(2)、V = a_0 + a_1 D + a_2 D^2 + a_3 DH + a_4 D^2 H$$

$$(3)、V = a_0 + a_1 D^2 H + a_2 D^3 H + a_3 D^2 + a_4 D^2 H \lg D$$

$$(4)、V = a_0 + a_1 D^2 + a_2 D^2 H + a_3 H + a_4 DH^2$$

$$(5)、V = a_0 + a_1 D^2 + a_2 D^2 H + a_3 H^2 + a_4 DH^2$$

$$(6)、V = a_0 D^{a_1} e^{a_2 H} - a_3 H$$

$$(7)、V = a_0 + a_1 D^2 H + a_2 D^3 H + a_3 D^2 H \lg H$$

$$(8)、V = a_0 D^{a_1} H^{a_2}$$

其中：(1)和(2)式由迈耶提出，(3)、(4)和(7)式由孟宪宇提出，(5)、(6)和(8)式分别出于纳新伦德、寺崎渡和山本和藏。

以上公式均为多元非线性方程，计算机程序首先将选定的方程化为多元线性方程，然后用多元线性回归方法进行拟合分析，并打印出结果。

逐个选择以上公式进行回归运算后，得出各公式的拟合分析值（见表五），各个公式的回归参数以独立的文件方式分别存入磁盘（此处略）。

表五、 各公式回归拟合分析值

公式编号	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
复相关系数	0.99438	0.99272	0.99388	0.99439	0.99450	0.99401	0.99412	0.99417
剩余标准差	0.01254	0.01425	0.01307	0.01252	0.01239	0.10041	0.01280	0.09895
F	13246.87	12773.75	15223.84	16604.51	16949.44	20754.31	21169.61	32064.84

从回归计算的分析检验值来看，各方程式的复相关系数 均在 0.99 以上，除 (6) 式外，剩余标准差都在 0.1 以下，说明各方程曲线拟合都很紧密，都可以作进一步的适应性检验，通过适应性检验来确定最佳编表方程。

七、适应性检验

检验样本由常德、益阳和岳阳三地市林调队分别在湖区的安乡、汉寿、华容、钱粮湖农场、屈原农场等 8 个县场抽取。根据三杉林分分布特点，结合采伐生产选择立地条件、生长状况有代表性的地段，按标准地的要求设置皆伐样地 15 块，每块样地株数要求不少于 30 株，合计抽取检验样木 446 株（见表六）。

表六、 各径阶检验样木株数统计表

径阶	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	32	合 计
株数	34	52	76	61	52	44	39	38	31	15	3	1	446

检验样木胸径在 8 厘米以上按 2 米区分造材，8 厘米以下按 1 米区分造材，用中央断面积计算各样木的实测材积。然后将各检验样木的胸径、树高和实测材积值输入计算机，计算机程序根据检验样木的胸径和树高值计算出各个公式的理论材积值。再分别小（6~12厘米）、中（14~24厘米）、大（26厘米以上）三个径级组用下面的算式计算各个公式在各径级组的平均相对误差（ $\Delta V_{\text{径}}$ ），以及全部样木的总体平均相对误差（ $\Delta V_{\text{总}}$ ）。

$$\Delta V_{\text{径}} = \frac{\sum_{i=1}^m \left(\frac{A_i - B_i}{B_i} \right)}{m} \times 100\%$$

$$\Delta V_{\text{总}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i - B_i}{B_i} \right)}{n} \times 100\%$$

式中： A_i 为公式计算的材积

B_i 为实测材积

m 为某一径级组的样木株数

n 为样木总株数

$i = 1, 2, 3, \dots$

算出各式在各径级组的平均相对误差及总体平均相对误差值后，以99%的可靠性，误差在3%的水平上作显著性检验，即假设平均相对误差与3%无显著差异，以1%的危险率作总体和各径级组的平均相对误差的假设检验。

在大样本情况下，可靠性为99%时， $U_{0.01}=2.58$ ，在小样本情况下，作 t 检验，可靠性为99%时， $\alpha=0.01$ ， $f=n-1$ 。

计算机的检验工作步骤为：计算出指定公式的平均相对误差、标准差、计算精度及显著性检验统计量 $|U|$ （大样本）或 $|t|$ （小样本），再根据 α 、 f 值与相应的 U_{α} 或 t_{α} 值比较来判断是否推翻假设，即平均相对误差是否与3%无显著差异，检验结果从打印机输出。

各式的检验结果（见附录四）以（3）式（由孟宪宇提出）的误差最小，材积公式为：

$$V = 0.00579049605 + 0.00006609324 D^2 H - 0.00000046921 D^3 H \\ - 0.000183033917 D^2 - 0.000003192879 D^2 H \lg D$$

（3）式的检验结果列于表七。

表七、（3）式检验结果表

径级组	样木数	平均相对误差(%)	标准差	精 度	显著性检验统计量 $ U $
小径级	234	0.3684	9.5530	0.9683	5.8111
中径级	208	-1.9103	4.1421	0.9974	5.5495
大径级	4	-0.8483	0.8403	0.9988	$ t = 53.5098$
总 体	446	-0.7052	8.9007	0.9846	5.4387

表中小、中径级组和总体平均误差属大样本检验,其显著性检验统计量 $|U|$ 都大于2.58,大径级组为小样本检验,当 $\alpha = 0.01$, $f = 4 - 1$ 时, $t_{0.01} = 12.924$, 显然 $|t| > |t_{\alpha}|$, 由此可以推翻假设,即平均相对误差与3%都有极显著的差异。再看看表七的“平均相对误差(%)”栏,平均相对误差的绝对值都小于3%,因此,可以认为由(3)式导算的材积与实测材积的误差小于3%,检验精度在95%以上,可以用(3)式编制三杉二元立木材积表。

八、编制材积表

经检验选定材积方程式后,即由计算机根据选定的公式,调入该公式的回归参数,按径阶和高阶值计算并打印出《湖南省平原湖区三杉二元立木材积表》。表中胸径以6厘米为起始径阶,以2厘米为径阶距,最大径阶暂编至42厘米;树高从3米起始,以1米为高阶距,最大到24米。表中各径阶的树高范围,是参考解析样木、检验样木及以往调查数据的变动范围而确定的,在实际应用中,如胸径、树高值超出表列范围的,可以直接用公式计算。

九 结 论

本次编制《湖南省三杉二元立木材积表》,是严格按照林业部颁发的《林业专业调查主要技术规定》中有关编制二元立木材

积表的要求进行的，各项技术指标均达到或超过《规定》的标准，完全能够满足科研生产的需要，可以推广使用。

我们利用树干解析数据作为编表的原始数据资料，是一次较成功的尝试。树干解析能再现树木的生长过程，便于进行生长分析，而且通过一株解析样木，可获得多组不同径阶上的数据，与伐倒木造材取数相比，既可减少伐倒样木的数量，节省成本和工作量，又可使原始数据在各径阶上的分布较为合理。

在编表的过程中，从原始数据的处理到打印出材积表，都是利用自编程序由计算机控制处理。通过对多个公式回归拟合和检验分析，筛选出最佳公式编制材积表，不仅节省了繁重的手工计算工作量，而且大大提高了数据处理速度和计算精度。